

PCT

From the INTERNATIONAL BUREAU

NOTIFICATION CONCERNING  
TRANSMITTAL OF COPY OF INTERNATIONAL  
APPLICATION AS PUBLISHED OR REPUBLISHED

To:

HIROSE, Kazuhiko  
4F., HAP Nishishinjuku Bldg.  
1-2, Nishishinjuku 3-chome  
Shinjuku-ku, Tokyo 1600023  
JAPON



Date of mailing (day/month/year)  
06 May 2005 (06.05.2005)

Applicant's or agent's file reference  
00000225-PCT

IMPORTANT NOTICE

International application No.  
PCT/JP2004/015483

International filing date (day/month/year)  
20 October 2004 (20.10.2004)

Priority date (day/month/year)  
24 October 2003 (24.10.2003)

Applicant

MURATA MANUFACTURING CO., LTD. et al

The International Bureau transmits herewith the following documents:

- ☒ copy of the international application as published by the International Bureau on 06 May 2005 (06.05.2005) under No. WO 2005/041344
- ☐ copy of international application as republished by the International Bureau on under No. WO
- For an explanation as to the reason for this republication of the international application, reference is made to INID codes (15), (48) or (88) (as the case may be) on the front page of the attached document.

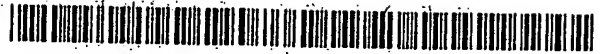
BEST AVAILABLE COPY

The International Bureau of WIPO  
34, chemin des Colombettes  
1211 Geneva 20, Switzerland

Authorized officer

Masashi Honda

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2005年5月6日 (06.05.2005)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2005/041344 A1

(51) 国際特許分類:  
H01P 1/162, 1/04, 5/02, 5/08, H01Q 13/02

(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/015483

(22) 国際出願日: 2004年10月20日 (20.10.2004)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:  
特願 2003-364962  
2003年10月24日 (24.10.2003) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社村田製作所 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市天神二丁目2番10号 Kyoto (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 岡野 健 (OKANO, Takeshi) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市天神二丁目2番10号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 永井 智浩 (NAGAI, Tomohiro) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市天神二丁目2番10号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 平塚 敏朗 (HIRATSUKA, Toshiro) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市天神二丁目2番10号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP).

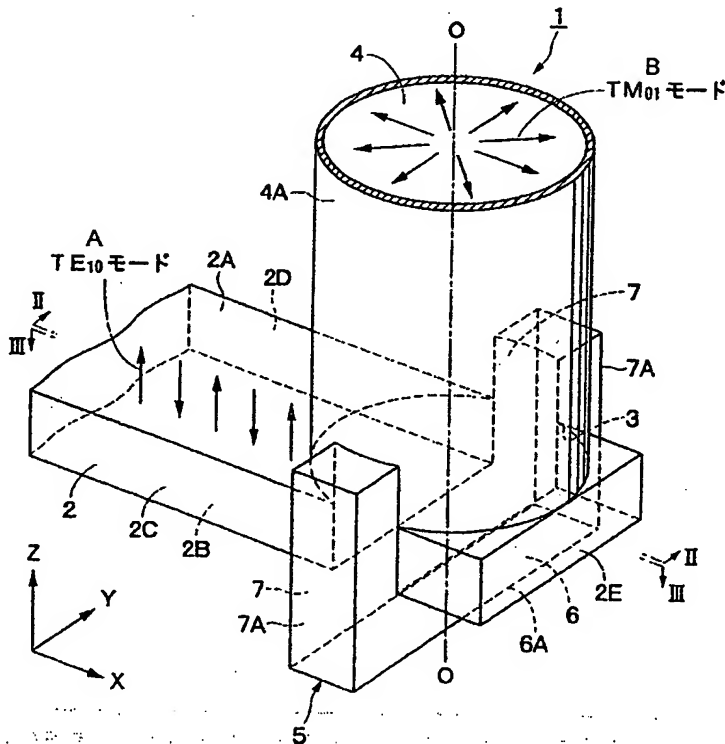
(74) 代理人: 広瀬 和彦 (HIROSE, Kazuhiko); 〒1600023 東京都新宿区西新宿3丁目1番2号 HAP 西新宿ビル4階 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,

[続葉有]

(54) Title: WAVEGUIDE CONVERSION DEVICE, WAVEGUIDE ROTARY JOINT, AND ANTENNA DEVICE

(54) 発明の名称: 導波管変換装置、導波管ロータリージョイント及びアンテナ装置



A. TE<sub>10</sub> MODE

B. TM<sub>01</sub> MODE

(57) Abstract: It is possible to improve the transmission efficiency of a necessary transmission mode by providing an unnecessary wave suppression groove for suppressing excitation of an unnecessary transmission mode in a mode conversion portion between a rectangular waveguide and a circular waveguide. The rectangular waveguide (2) is vertically connected to the circular waveguide (4) and at the mode conversion portion of them, there is provided the unnecessary wave suppression groove (5) extending along the walls (2B, 2C, 2D) of the rectangular waveguide (2) and the wall (4A) of the circular waveguide (4). Thus, the unnecessary wave suppression groove (5) can suppress excitation of a TE<sub>11</sub> mode unnecessary in the circular waveguide (4) by an electromagnetic wave of a TE<sub>10</sub> mode propagating in the rectangular waveguide (2), thereby reducing the conversion loss to the TE<sub>11</sub> mode. Moreover, it is possible to effectively excite the electromagnetic wave of a TM<sub>01</sub> mode in the circular waveguide (4) and stably transmit a signal between the waveguides (2, 4).

[続葉有]



ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,

IT, LU, MC, NE, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約: 方形導波管と円形導波管とのモード変換部に不要な伝送モードの励起を抑える不要波抑制溝を設けることにより、必要な伝送モードの伝送効率を高める。 方形導波管2と円形導波管4とを垂直に接続し、これらのモード変換部には、方形導波管2の管壁2B、2C、2Dと円形導波管4の管壁4Aとにわたって延びる不要波抑制溝5を設ける。これにより、不要波抑制溝5は、方形導波管2内を伝わるTE<sub>10</sub>モードの電磁波によって円形導波管4内で不要なTE<sub>11</sub>モードが励起されるのを抑制でき、TE<sub>11</sub>モードへの変換損失を小さくすることができる。そして、円形導波管4内でTM<sub>01</sub>モードの電磁波を効率よく励起でき、導波管2、4の間で信号を安定的に伝送することができる。

## 明 細 書

## 導波管変換装置、導波管ロータリージョイント及びアンテナ装置

## 技術分野

- [0001] 本発明は、例えば高周波信号用の方形導波管と円形導波管とを接続するのに好適に用いられる導波管変換装置、導波管ロータリージョイント及びアンテナ装置に関する。

## 背景技術

- [0002] 一般に、導波管変換装置としては、四角形の横断面形状を有する方形導波管と、円形の断面形状を有する円形導波管とを接続する構成としたアンテナ装置が知られている(例えば、特許文献1参照)。
- [0003] 特許文献1:特開平5-235603号公報
- [0004] この種の従来技術によるアンテナ装置は、例えば円形導波管の一端側に放射器となる円錐状の開口部が設けられ、円形導波管の他端側には、この導波管と垂直方向に延びる方形導波管が接続されている。そして、円形導波管の開口部で無線信号が受信されると、この信号の電磁波は、円形導波管から方形導波管に伝送され、方形導波管に接続された周辺回路等に出力される。
- [0005] この場合、従来技術では、例えば $TM_{01}$ モード等の伝送モードで円形導波管内を伝わる電磁波を、方形導波管との接続部位で他の伝送モード( $TE_{01}$ モード等)に変換し、これを方形導波管内で伝送する構成としている。
- [0006] ところで、上述した従来技術では、円形導波管内を伝わる $TM_{01}$ モード等の電磁波が、方形導波管との接続部位で $TE_{01}$ モード等に変換され、方形導波管内を伝播する構成となっている。
- [0007] しかし、この場合には、変換先の導波管内で所望の伝送モードが励起されるだけでなく、他の不要な伝送モードも一緒に励起されることが多い。このため、従来技術では、方形導波管と円形導波管との間で高周波信号を伝送するときに、不要な伝送モードによって余分な共振が生じ、信号の損失が増大して伝送効率が低下したり、信号特性の劣化を招くという問題がある。

## 発明の開示

- [0008] 本発明は上述した従来技術の問題に鑑みなされたもので、本発明の目的は、方形導波管と円形導波管との接続部位において、不要な伝送モードの発生を抑えることができ、所望の伝送モードで信号を安定的に伝送できると共に、伝送時の効率や信号特性を向上できるようにした導波管変換装置、導波管ロータリージョイント及びアンテナ装置を提供することにある。
- [0009] 上述した課題を解決するために本発明は、四角形の横断面形状をもって一定の長さ方向に延び $TE_{10}$ モードの高周波信号を伝送する方形導波管と、円形の横断面形状をもって形成され該方形導波管のH面に垂直に接続されると共に $TM_{01}$ モードの高周波信号を伝送する円形導波管とを備えてなる導波管変換装置において、前記方形導波管と円形導波管とのモード変換部には、該各導波管の間で高周波信号を伝送するときに円形導波管に不要な伝送モードが励起されるのを抑制する不要波抑制溝を設ける構成としたことを特徴としている。
- [0010] 本発明によれば、方形導波管と円形導波管との間で伝送モードの変換を行うモード変換部には、リアクタンス素子として機能する不要波抑制溝を設ける構成としたので、方形導波管と円形導波管との間で高周波信号を伝送するときには、円形導波管の所望の $TM_{01}$ モードと一緒に他の不要な伝送モード(例えば、 $TE_{11}$ モード)が励起されたとしても、この不要な伝送モードを不要波抑制溝によって選択的に抑えることができ、必要な伝送モードだけを安定的に伝送することができる。
- [0011] 従って、例えば不要波抑制溝の寸法、形状、配置等を予め適切に設定しておくことにより、変換先の円形導波管内で不要な伝送モードによって共振が生じるのを防止することができる。この結果、信号の変換損失を低減できると共に、伝送効率や信号特性を向上させることができる。
- [0012] なお、モード変換部は、方形導波管と円形導波管とが交差して伝送モードが変換される範囲の部位を示している。このため、モード変換部は、方形導波管と円形導波管との接続部位に加えて、伝送モードが変換される部位として例えば接続部位から各導波管の軸方向(信号の伝送方向)に延長した部位等も含むものである。
- [0013] また、本発明では、不要波抑制溝は、方形導波管と円形導波管のうち少なくとも一

方または両方に配設し、不要な伝送モードとなる円形導波管の $TE_{11}$ モードの電界成分と直交する方向に高周波信号の1波長の $1/2$ 以上の長さをもって延びる構成とするのが好ましい。

[0014] このように構成したことにより、例えば不要波抑制溝を方形導波管と円形導波管とのいずれか一方または両方にわたって配設でき、不要波抑制溝の配置を適切に設定して不要な伝送モードを確実に抑制することができる。また、不要波抑制溝を不要な $TE_{11}$ モードの電界成分と直交する方向に延ばして形成し、その長さを高周波信号の1波長の $1/2$ 以上に設定したから、例えば変換元の方形導波管内を伝わる電磁波の $TE_{10}$ モードに対して、変換先の円形導波管内で必要な $TM_{01}$ モードのみが整合し、不要な $TE_{11}$ モードが不整合となるような伝送状態を実現することができ、不要な伝送モードに対して高い抑制効果を得ることができる。

[0015] また、本発明では、不要波抑制溝は円形導波管の軸線に対応する位置で方形導波管に形成する構成としてもよい。

[0016] これにより、例えば方形導波管を構成する部品等に対して不要波抑制溝を配置することができる。このため、不要波抑制溝を配置しない円形導波管側の部品形状、構造等を簡略化でき、円形導波管を容易に形成できると共に、両方の導波管に不要波抑制溝を設ける場合と比較して、生産性を高めることができる。

[0017] また、本発明では、不要波抑制溝は円形導波管に形成する構成としてもよい。

[0018] これにより、例えば円形導波管を構成する部品等に対して不要波抑制溝を配置することができる。このため、不要波抑制溝を配置しない方形導波管側の部品形状、構造等を簡略化でき、方形導波管を容易に形成できると共に、生産性を高めることができる。

[0019] また、本発明では、方形導波管と円形導波管との間には、該各導波管を接続するときに不要波抑制溝の一部に挿嵌され方形導波管と円形導波管とを位置合わせする位置合わせ部を設ける構成としてもよい。

[0020] これにより、方形導波管と円形導波管とを接続するときには、例えば方形導波管に設けた不要波抑制溝の一部に対して、円形導波管に設けた位置合わせ部を挿嵌することにより、これらの導波管を正確に位置合わせして接続することができる。従って

、不要波抑制溝の一部を利用して高い寸法精度の導波管変換装置を容易に形成でき、不要な伝送モードに対する抑制効果をより高めることができる。また、例えば方形導波管に位置合わせ部を設け、円形導波管に不要波抑制溝を設ける構成とした場合や、位置合わせ部を別部品により形成して方形導波管と円形導波管の両方に挿嵌する構成とした場合にも、上述と同様に高い寸法精度の導波管変換装置を容易に形成できる等の作用効果を得ることができる。

[0021] また、本発明による導波管変換装置を2個備え、該各導波管変換装置の円形導波管を同軸上に配置して回転可能に接続することによって導波管ロータリージョイントを構成してもよい。

[0022] この場合、導波管ロータリージョイントは、2個の導波管変換装置を回転可能に接続する構成としたので、各導波管変換装置の円形導波管を同軸上に配置して回転可能に接続でき、これらの円形導波管は不要波抑制溝によって個々の方形導波管との間で信号の伝送モードを良好に変換することができる。このとき、円形導波管内を伝播する $TM_{01}$ モードは、その電界成分が円形導波管の軸線(回転中心)に対して対称となっているので、2個の円形導波管が軸線を中心として相対回転したとしても、これらの間で $TM_{01}$ モードを安定的に伝送することができる。従って、各導波管変換装置の方形導波管は互いに相対回転しつつ、両者間で高周波信号を円滑に伝送でき、信号の伝送損失が少なく、汎用性の高い回転型の導波管ジョイントを実現することができる。

[0023] さらに、本発明による導波管変換装置を2個備え、該各導波管変換装置の円形導波管を同軸上に配置して回転可能に接続すると共にいずれか一方の導波管変換装置に無線通信用の放射器を設けることによってアンテナ装置を構成してもよいものである。

[0024] これにより、アンテナ装置は、2個の導波管変換装置を回転可能に接続し、例えば一方の導波管変換装置の放射器を他方の導波管変換装置の方形導波管に対して回転させることができ、この状態で一方の放射器と他方の方形導波管とを円形導波管、不要波抑制溝等によって安定的に接続することができる。従って、例えば放射器の指向性を回転方向に変化させつつ、他方の装置の方形導波管により無線の送信

、受信を円滑に行うことができ、信号の伝送損失が少なく、汎用性の高い回転型のアンテナ装置を実現することができる。

### 図面の簡単な説明

[0025] [図1]図1は本発明の第1の実施の形態による導波管変換装置を示す斜視図である。

[図2]図2は導波管変換装置を図1中の矢示II-II方向からみた断面図である。

[図3]図3は導波管変換装置を図1中の矢示III-III方向からみた断面図である。

[図4]図4は不要波抑制溝を設けない場合の信号の伝送状態を比較例として示す斜視図である。

[図5]図5は本発明の第2の実施の形態による導波管変換装置を示す斜視図である。

[図6]図6は導波管変換装置を図5中の矢示VI-VI方向からみた断面図である。

[図7]図7は本発明の第3の実施の形態による導波管変換装置を示す斜視図である。

[図8]図8は導波管変換装置を図7中の矢示VIII-VIII方向からみた断面図である。

[図9]図9は方形導波管と円形導波管とを組立てる前の状態で示す分解斜視図である。

[図10]図10は方形導波管を単体で示す平面図である。

[図11]図11は導波管変換装置によるモード変換時の変換損失と反射損失とを示す特性線図である。

[図12]図12は本発明の第4の実施の形態による導波管変換装置を示す斜視図である。

[図13]図13は導波管変換装置を図12中の矢示XIII-XIII方向からみた断面図である。

[図14]図14は本発明の第5の実施の形態による導波管変換装置を組立てる前の状態で示す分解斜視図である。

[図15]図15は図14中の方形導波管と円形導波管とを組立てた状態を図8と同様位置からみた断面図である。

[図16]図16は本発明の第6の実施の形態による導波管ロータリージョイントを示す断面図である。

[図17]図17は本発明の第7の実施の形態によるアンテナ装置を示す断面図である。



[図18]図18は本発明の第1の変形例による導波管変換装置を示す断面図である。

[図19]図19は本発明の第2の変形例による導波管変換装置を示す断面図である。

[図20]図20は本発明の第3の変形例による導波管変換装置を示す断面図である。

### 符号の説明

- [0026] 1, 11, 21, 31, 41, 53, 58 導波管変換装置  
2, 22, 32, 54, 54', 59 方形導波管  
2A, 2B, 2C, 2D, 2E, 4A 管壁  
3 開口部  
4, 26, 35, 42, 55, 60 円形導波管  
5, 5', 5'', 12, 27, 36, 56, 61 不要波抑制溝  
6, 13, 28 横溝  
7, 14, 29 縦溝  
6A, 7A, 13A, 14A, 24A, 28A, 34A 底面  
23, 33 導波管部品  
24, 34 長溝  
24B, 34B 側面  
24C, 34C 端面  
24D, 29A 凹湾曲面部  
25 蓋体  
26A, 35A, 42A 円形孔  
43 嵌合突起(位置合わせ部)  
51 導波管ロータリージョイント  
52, 52', 57 ジョイント部品  
62 チョーク  
71 アンテナ装置  
72 放射器

### 発明を実施するための最良の形態

[0027] 以下、本発明の実施の形態による導波管変換装置、導波管ロータリージョイント及

びアンテナ装置を、添付図面を参照して詳細に説明する。

[0028] まず、図1ないし図3は第1の実施の形態を示し、図中、1は導波管変換装置で、該導波管変換装置1は、後述の方形導波管2、円形導波管4、不要波抑制溝5等により構成され、例えばマイクロ波、ミリ波等の高周波信号を伝送するものである。

[0029] 2は例えば四角形状の金属管等により形成され、 $TE_{10}$ モードの高周波信号を伝送する方形導波管で、該方形導波管2は、互いに直交するX軸、Y軸及びZ軸のうち、例えばX軸方向に沿って直線状に延び、その横断面形状はY軸方向に細長い長方形形状をなしている。

[0030] そして、方形導波管2は、Z軸方向で対向する上、下の管壁2A、2Bと、Y軸方向で対向する左、右の管壁2C、2Dと、これらの管壁2A〜2Dの端部に接合され、方形導波管2を端部側で閉塞する他の管壁2Eとにより構成されている。

[0031] この場合、上、下の管壁2A、2Bは、 $TE_{10}$ モードに対するH面を構成している。また、上側の管壁2Aの端部側には、円形導波管4を接続する円形状の開口部3が形成されている。

[0032] 4は方形導波管2の開口部3に接続され、 $TM_{01}$ モードの高周波信号を伝送する円形導波管で、該円形導波管4は、図2、図3に示す如く、例えば円形の横断面形状をもつ金属管等からなり、その管壁4Aは軸線O-O(中心O)を有している。そして、円形導波管4は、Z軸方向に沿って方形導波管2のH面(管壁2A)と垂直に延びている。

[0033] 5は例えば金属材料等を用いて方形導波管2と円形導波管4とのモード変換部に設けられた不要波抑制溝で、該不要波抑制溝5は、後述の如く方形導波管2から円形導波管4に高周波信号を伝送するときに、例えば円形 $TE_{11}$ モード等の不要な伝送モードが円形導波管4内に励起されるのを抑制し、方形導波管2内を伝わる方形 $TE_{10}$ モードの電界成分を、円形導波管4内を伝わる円形 $TM_{01}$ モードの電界成分に効率よく変換するものである。

[0034] ここで、不要波抑制溝5は、例えば方形導波管2を外側から取囲むように略コ字状に延びる長溝として形成され、その横断面は四角形状をなしている。また、不要波抑制溝5は、方形導波管2の横断面の四辺のうち三辺の管壁2B、2C、2Dに沿って延

設され、円形導波管4の管壁4Aにも配設されている。

[0035] 即ち、不要波抑制溝5は、方形導波管2の下側の管壁2Bに沿ってY軸方向に延びる横溝6と、該横溝6の両端部からL状に屈曲し、方形導波管2の各管壁2C、2Dと円形導波管4の管壁4AとにわたってZ軸方向に延びて設けられた左、右の縦溝7、7とにより構成されている。

[0036] この場合、横溝6は、方形導波管2の管壁2Bに対して窪んだ底面6Aを有している。また、左側の縦溝7は、方形導波管2の左側の管壁2C(円形導波管4の管壁4A)に対して窪んだ底面7Aを有し、右側の縦溝7も同様に、管壁2D、4Aに対して窪んだ底面7Aを有している。

[0037] また、不要波抑制溝5は、図2、図3に示す如く、円形導波管4の軸線O—Oに対応する位置(本実施の形態では、例えば軸線O—O上の位置)に配置され、円形導波管4内で励起される不要なTE<sub>11</sub>モード等の電界成分の方向と直交する方向(例えば、Y軸方向)に延びて形成されている。

[0038] そして、不要波抑制溝5のY軸方向の長さ(各縦溝7の底面7A間の間隔)Lは、下記数1の式に示すように、導波管2、4の間に伝送される高周波信号の1波長を $\lambda$ として、例えば波長 $\lambda$ の1/2以上の大きさに設定されている。

[0039] [数1]

$$L \geq \lambda / 2$$

[0040] この場合、方形導波管2から円形導波管4に信号を伝送するときに、不要な伝送モードであるTE<sub>11</sub>モードは、後述の図4に示す如く、方形導波管2(導波管2')の伸長方向に沿ってX軸方向に励起され易くなり、この方向で励起されるTE<sub>11</sub>モードは、不要波抑制溝5の横溝6の底面6A等が短絡端となる。

[0041] このように、本実施の形態では、方形導波管2と円形導波管4との間で伝送モードの変換を行うモード変換部にはリアクタンス素子として機能する不要波抑制溝5を設け、その寸法、形状、配置等を適切に設定している。これにより、導波管変換装置1は、方形導波管2内を伝わるTE<sub>10</sub>モードの電界成分に対して、円形導波管4内に生じる不要なTE<sub>11</sub>モードの電界成分が不整合となり、伝送すべきTM<sub>01</sub>モードの電界成分が整合するように構成しているものである。

[0042] 本実施の形態による導波管変換装置1は上述の如き構成を有するもので、次に、その作動について説明する。

[0043] まず、方形導波管2内を伝わる $TE_{10}$ モードの電磁波が円形導波管4内に伝送されるときには、方形導波管2と円形導波管4とが交差するモード変換部で伝送モードが変換される。この場合、円形導波管4内では、不要な伝送モードである $TE_{11}$ モードが最低次の伝送モードとなり、伝送すべき正規の伝送モードである $TM_{01}$ モードが第2番目の伝送モードとなっている。

[0044] このため、例えば図4に示す比較例のように、不要波抑制溝5を用いずに、導波管変換装置1'の方形導波管2'と円形導波管4'を単に接続しただけの構成では、方形導波管2'内を伝わる $TE_{10}$ モードの電磁波によって円形導波管4'内に不要な $TE_{11}$ モードが励起され易くなる。この結果、比較例の構成では、正規の $TM_{01}$ モードにおける信号の変換損失が増大し、伝送効率が低下したり、信号特性が劣化する虞れがある。

[0045] これに対し、本実施の形態では、方形導波管2と円形導波管4とのモード変換部に不要波抑制溝5を設けているので、円形導波管4内に不要な $TE_{11}$ モードが励起されるのを不要波抑制溝5によって抑制することができる。これにより、方形導波管2内を伝わる $TE_{10}$ モードの電磁波によって円形導波管4内で $TM_{01}$ モードの電磁波を効率よく励起でき、 $TE_{10}$ モードと $TM_{01}$ モードとの間でモード変換を低損失な状態で安定的に行うことができる。

[0046] かくして、本実施の形態によれば、方形導波管2と円形導波管4とのモード変換部には、不要波抑制溝5を設ける構成としたので、これらの導波管2、4の間で高周波信号を伝送するときには、例えば必要な $TM_{01}$ モードと一緒に $TE_{11}$ モード等の不要な伝送モードが励起されるのを抑制し、必要な伝送モードだけを安定的に伝送することができる。

[0047] 従って、例えば不要波抑制溝5の寸法、形状、配置等を予め適切に設定しておくことにより、変換先の円形導波管4内で不要な伝送モードによって共振が生じるのを防止でき、信号の損失を低減できると共に、伝送効率や信号特性を向上させることができる。

[0048] この場合、不要波抑制溝5を方形導波管2と円形導波管4の両方にわたって配設し、これを不要な $TE_{11}$ モードの電界成分と直交するY軸方向に延ばすと共に、その長さLは高周波信号の1波長 $\lambda$ の $1/2$ 以上の寸法値( $L \geq \lambda/2$ )として形成したので、不要波抑制溝5を十分な範囲にわたって配置でき、その配置を適切に設定して不要な伝送モードを確実に抑制することができる。

[0049] そして、変換元の方形導波管2内を伝わる電磁波の伝送モード( $TE_{10}$ モード)に対して、変換先の円形導波管4内で必要な $TM_{01}$ モードのみが整合し、不要な $TE_{11}$ モードが不整合となるような伝送状態を実現することができ、不要な伝送モードに対して高い抑制効果を得ることができる。

[0050] また、不要波抑制溝5を、円形導波管4の軸線O-Oに対応する位置で方形導波管2に形成する構成としたので、この軸線O-Oを基準として各導波管2、4のモード変換部に不要波抑制溝5を正確に配置することができる。そして、不要波抑制溝5を配置しない円形導波管4側の部品形状、構造等を簡略化でき、これを容易に形成できると共に、両方の導波管2、4に不要波抑制溝を設ける場合と比較して、生産性を高めることができる。

[0051] 次に、図5及び図6は本発明による第2の実施の形態を示し、本実施の形態の特徴は、複数の不要波抑制溝を設ける構成としたことにある。なお、本実施の形態では、前記第1の実施の形態と同一の構成要素に同一の符号を付し、その説明を省略するものとする。

[0052] 11は導波管変換装置で、該導波管変換装置11は、第1の実施の形態とほぼ同様に、方形導波管2、円形導波管4、不要波抑制溝5等により構成されている。しかし、方形導波管2と円形導波管4とが互いに交差するモード変換部には、後述する他の不要波抑制溝12が設けられている。

[0053] 12は不要波抑制溝5と共に導波管2、4に設けられた他の不要波抑制溝で、該不要波抑制溝12は、例えば方形導波管2の伸長方向(X軸方向)と異なる方向に沿って励起される $TE_{11}$ モードを抑制するものである。

[0054] ここで、不要波抑制溝12は、図6に示す如く、例えば円形導波管4の中心Oに対応する位置で不要波抑制溝5と交差(直交)してX軸方向に延びると共に、方形導波管

2の管壁2B、2Eと円形導波管4の管壁4AとにわたってL字状に形成されている。

[0055] この場合、不要波抑制溝12は、方形導波管2の下側の管壁2Bに沿ってX軸方向に延びる横溝13と、該横溝13の端部からL状に屈曲し、方形導波管2の管壁2Eと円形導波管4の管壁4AとにわたってZ軸方向に延びて設けられた縦溝14とにより構成されている。また、横溝13は、方形導波管2の管壁2Bに対して窪んだ底面13Aを有し、縦溝14は、管壁2E、4Aに対して窪んだ底面14Aを有している。

[0056] かくして、このように構成される本実施の形態でも、前記第1の実施の形態とほぼ同様の作用効果を得ることができる。特に、本実施の形態では、互いに直交する2個の不要波抑制溝5、12を設ける構成としたので、第1の実施の形態で図4中に矢示した $TE_{11}$ モード(X軸方向に沿った $TE_{11}$ モード)の他に、例えばY軸方向に沿った電界成分をもつ $TE_{11}$ モードが励起される場合でも、これらの $TE_{11}$ モードを不要波抑制溝5、12によって安定的に抑制でき、必要な伝送モードの伝送効率をより高めることができる。

[0057] 次に、図7ないし図11は本発明による第3の実施の形態を示し、本実施の形態の特徴は、導波管変換装置を複数の部品によって形成する構成としたことにある。

[0058] 21は導波管変換装置で、該導波管変換装置21は、第1の実施の形態とほぼ同様に、後述の方形導波管22、円形導波管26、不要波抑制溝27等により構成されている。この場合、導波管22、26はそれぞれ別部品として形成されている。

[0059] 22はX軸方向に延びて形成された方形導波管で、該方形導波管22は、図8、図9に示す如く、例えば細長い四角形状の金属材料等からなる導波管部品23と、後述の蓋体25とを組立てることにより形成されている。

[0060] ここで、導波管部品23には、四角形の横断面形状をもってX軸方向に直線状に延びる長溝24が形成され、該長溝24は、円形導波管26と衝合される導波管部品23の衝合面(図7中の上面)に開口している。そして、長溝24は、底面24Aと、左、右の側面24Bと、長溝24の長さ方向の一端側を閉塞する端面24Cとを有している。

[0061] また、長溝24の端面24C側の角隅は、図10に示す如く、例えば導波管部品23の加工性等を高めるために丸みをもって形成された凹湾曲面部24Dとなっている。さらに、導波管部品23には、後述の不要波抑制溝27が形成されている。

[0062] 25は例えば金属板等により形成された蓋体で、該蓋体25は、円形導波管26と一緒に導波管部品23の長溝24を施蓋し、これによって方形導波管22を形成するものである。この場合、蓋体25は板材に限らず、また円形導波管26と一体に形成してもよい。

[0063] 26は例えば金属材料等により形成された円形導波管で、該円形導波管26には、円形の横断面形状をもってZ軸方向に直線状に延びる円形孔26Aが形成され、この円形孔26Aは軸線O-Oを有している。

[0064] そして、円形導波管26は、蓋体25と共に導波管部品23の上面に衝合して組付けられ、円形孔26Aと後述の不要波抑制溝27とが対面する所定の位置に固定されている。この状態で、円形導波管26は、方形導波管22(長溝24)の端部側に接続され、方形導波管22と垂直に延びている。

[0065] 27は方形導波管22と円形導波管26とが互いに交差するモード変換部に設けられた不要波抑制溝で、該不要波抑制溝27は、図8、図10に示す如く、第1の実施の形態とほぼ同様に、例えば略コ字状に延びる長溝からなり、導波管部品23の長溝24の底面24Aと左、右の側面24Bとに沿って延設されている。この場合、不要波抑制溝27は、導波管22、26のうち方形導波管22のみに配置されているものである。

[0066] そして、不要波抑制溝27は、円形導波管26の軸線O-Oに対応する位置でY軸方向に延びて形成され、その長さLは、第1の実施の形態で示した前記数1の式を満たすように設定されている。

[0067] また、不要波抑制溝27は、長溝24の端部側で底面24Aに沿ってY軸方向に延びる横溝28と、該横溝28の両端部からL状に屈曲し、長溝24の左、右の側面24Bに沿ってZ軸方向に延びる左、右の縦溝29、29とが形成されている。そして、横溝28は、例えば四角形の横断面形状をもって形成され、長溝24の底面24Aに対して窪んだ底面28Aを有している。

[0068] また、左、右の縦溝29は、例えば略U字状の横断面形状をもって形成され、その底面は、長溝24の側面24Bに対して窪んだ凹湾曲面部29Aとなっている。この場合、縦溝29のZ軸方向の端部側は、導波管部品23の衝合面で円形導波管26によって閉塞されている。

[0069] そして、不要波抑制溝27は、第1の実施の形態とほぼ同様に、方形導波管22から円形導波管26に高周波信号を伝送するときに、例えば $TE_{11}$ モード等の不要な伝送モードに対して横溝28の底面28Aが短絡端となることにより、この不要な伝送モードが円形導波管26内に励起されるのを抑制するものである。

[0070] 次に、図11を参照しつつ、導波管変換装置21による高周波信号の伝送特性について説明する。ここで、図11中に実線で示す特性線は、伝送特性をシミュレーション演算した結果であり、この演算時の設定条件としては、図8、図10に示す如く、例えば方形導波管22の幅 $W=2.54\text{mm}$ 、高さ $H=1.27\text{mm}$ 、長溝24の凹湾曲面部24Dの曲率半径 $R=0.5\text{mm}$ 、円形導波管26の直径 $D=3.5\text{mm}$ 、円形導波管26の中心Oと方形導波管22の短絡面(長溝24の端面24C)との間の距離 $d=1.55\text{mm}$ として設定している。また、不要波抑制溝27としては、その長さ $L=5.14\text{mm}$ 、溝幅 $A=1.00\text{mm}$ 、横溝28の深さ $h=0.4\text{mm}$ として設定している。

[0071] 一方、図11中に仮想線で示す特性線は、第1の実施の形態で比較例として記載した導波管変換装置1' (図4参照) について、同様のシミュレーション演算を行った結果である。

[0072] この比較例の特性線から判るように、導波管変換装置1' による伝送モードの変換時には、不要な $TE_{11}$ モードが励起されることにより、例えば $-10\text{dB}$ 程度の高いレベルの変換損失が広い周波数帯域にわたって生じる。また、変換部における反射損失も、ある程度生じている。

[0073] これに対し、本実施の形態では、不要波抑制溝27の寸法、形状、配置等を適切に設定することにより、反射損失を比較例とほぼ同程度の低いレベルに留めつつ、不要な $TE_{11}$ モードへの変換損失を小さく抑えることができる。

[0074] 特に、導波管変換装置21で使用する例えば $75\sim 78\text{GHz}$ 程度の周波数では、不要波抑制溝27によって $TE_{11}$ モードへの変換損失を十分に小さくことができ、方形導波管22内を伝わる $TE_{10}$ モードの電磁波を、円形導波管26内で $TM_{01}$ モードの電磁波へと効率よく変換することができる。

[0075] かくして、このように構成される本実施の形態でも、前記第1の実施の形態とほぼ同様の作用効果を得ることができる。特に、本実施の形態では、導波管変換装置21を



導波管部品23、蓋体25、円形導波管26等を組立てることにより構成したので、導波管22、26、不要波抑制溝27等が複雑な形状をもつ場合でも、これらを複数の部品に分割して容易に形成でき、各部品を組立てることにより導波管変換装置21を効率よく製造することができる。

[0076] この場合、不要波抑制溝27の横溝28と縦溝29とを方形導波管22(導波管部品23)側のみに設けたので、円形導波管26側の形状、構造を簡略化でき、これを容易に形成することができる。

[0077] また、導波管部品23には、例えば不要なTE<sub>11</sub>モードの抑制効果に影響のない範囲で長溝24や縦溝29に凹湾曲面部24D、29A等を形成したので、生産性を高めることができる。

[0078] 次に、図12及び図13は本発明による第4の実施の形態を示し、本実施の形態の特徴は、不要波抑制溝を方形導波管に設けることなく、円形導波管のみに設ける構成としたことにある。なお、本実施の形態では、前記第3の実施の形態と同一の構成要素に同一の符号を付し、その説明を省略するものとする。

[0079] 31は導波管変換装置で、該導波管変換装置31は、第3の実施の形態とほぼ同様に、後述の方形導波管32、円形導波管35、不要波抑制溝36等により構成され、導波管32、35はそれぞれ別部品として形成されている。

[0080] 32は方形導波管で、該方形導波管32は、図12、図13に示す如く、第3の実施の形態とほぼ同様に、導波管部品33と、蓋体25とを組立てることにより形成され、導波管部品33には、底面34A、左、右の側面34B、端面34C等を有する長溝34が設けられている。

[0081] 35は例えば金属材料等により形成された円形導波管で、該円形導波管35には、第3の実施の形態とほぼ同様に、Z軸方向に延びる軸線O-Oに沿って円形孔35Aが形成されているものの、その径方向両側の周壁には、後述の不要波抑制溝36が設けられている。

[0082] 36は方形導波管32と円形導波管35とが互いに交差するモード変換部に設けられた例えば2個の不要波抑制溝で、該各不要波抑制溝36は、例えば略U字状の横断面形状をもって形成され、Z軸方向に延びている。この場合、不要波抑制溝36は、導

波管32、35のうち円形導波管35のみに形成され、その端部側は、円形導波管35の衝合面で導波管部品33によって閉塞されている。

[0083] かくして、このように構成される本実施の形態でも、前記第1、第3の実施の形態とほぼ同様の作用効果を得ることができる。特に、本実施の形態では、不要波抑制溝36を円形導波管35のみに設ける構成としたので、方形導波管32(導波管部品33)側の形状、構造を簡略化でき、これを容易に形成することができる。

[0084] 次に、図14及び図15は本発明による第5の実施の形態を示し、本実施の形態の特徴は、方形導波管と円形導波管との間に位置合わせ部を設ける構成としたことにある。なお、本実施の形態では、前記第3の実施の形態と同一の構成要素に同一の符号を付し、その説明を省略するものとする。

[0085] 41は導波管変換装置で、該導波管変換装置41は、第3の実施の形態とほぼ同様に、方形導波管22、円形導波管42、不要波抑制溝27等により構成され、導波管22、42はそれぞれ別部品として形成されている。

[0086] ここで、円形導波管42は、例えば四角形状の金属材料等からなり、その内部には、軸線O—Oを有する円形孔42AがZ軸方向に延びて形成されている。また、導波管部品23と衝合される円形導波管42の衝合面には、後述の嵌合突起43が設けられている。

[0087] 43は円形導波管42に設けられた位置合わせ部としての例えば2箇所の嵌合突起で、該各嵌合突起43は、例えば円形導波管42の円形孔42Aの径方向両側に配置され、導波管部品23の各縦溝29に向けてZ軸方向に突出している。この場合、嵌合突起43は、例えば縦溝29とほぼ等しい略U字状の横断面形状を有している。

[0088] そして、嵌合突起43は、図15に示す如く、導波管部品23と円形導波管42とを衝合して導波管22、42を接続するときに、不要波抑制溝27の縦溝29の一部に挿嵌される。これにより、嵌合突起43は、方形導波管22と円形導波管42とを位置合わせするものである。

[0089] かくして、このように構成される本実施の形態でも、前記第1、第3の実施の形態とほぼ同様の作用効果を得ることができる。特に、本実施の形態では、円形導波管42に嵌合突起43を設ける構成としたので、方形導波管22と円形導波管42とを接続する

ときには、導波管部品23の縦溝29の一部に対して円形導波管42の嵌合突起43を挿嵌することができる。このため、嵌合突起43を用いて導波管22, 42を正確に位置合わせすることができる。

[0090] 従って、不要波抑制溝27の一部を利用して高い寸法精度の導波管変換装置41を容易に形成でき、不要な伝送モードに対する抑制効果をより高めることができる。

[0091] 次に、図16は本発明による第6の実施の形態を示し、本実施の形態の特徴は、導波管ロータリージョイントに適用したことにある。

[0092] 51は導波管ロータリージョイントで、該導波管ロータリージョイント51は、後述のジョイント部品52, 57、導波管変換装置53, 58等により構成されている。そして、導波管ロータリージョイント51は、導波管変換装置53, 58を相対回転可能に接続しつつ、これらの間で高周波信号を良好に伝送するものである。

[0093] 52は導波管ロータリージョイント51を構成する一方のジョイント部品で、該ジョイント部品52は、例えば金属材料等からなり、その内部には導波管変換装置53が設けられている。この場合、導波管変換装置53は、前記第3の実施の形態とほぼ同様に、方形導波管54、円形導波管55、不要波抑制溝56等により構成されている。

[0094] 57は導波管ロータリージョイント51を構成する他方のジョイント部品で、該ジョイント部品57は、例えば金属材料等からなり、その内部には導波管変換装置58が設けられている。この場合、導波管変換装置58は、一方の導波管変換装置53とほぼ同様に、方形導波管59、円形導波管60、不要波抑制溝61等により構成されている。

[0095] そして、ジョイント部品52, 57は、円形導波管55, 60を同軸上に配置した状態で微小なギャップをもって衝合され、円形導波管55, 60の軸線O-Oを中心として回転可能に接続されている。この場合、例えばジョイント部品52には、円形導波管55を径方向外側から取囲む環状の隙間が設けられ、この隙間は電磁波の漏れを防ぐチョーク62として構成されている。

[0096] かくして、このように構成される本実施の形態でも、前記第1, 第3の実施の形態とほぼ同様の作用効果を得ることができる。特に、本実施の形態では、導波管変換装置53, 58を用いて導波管ロータリージョイント51を構成したので、各導波管変換装置53, 58の円形導波管55, 60を同軸上に配置して回転可能に接続でき、これらの円形

導波管55, 60は、不要波抑制溝56, 61によって個々の方形導波管54, 59との間で信号の伝送モードを良好に変換することができる。

[0097] この場合、円形導波管55, 60内を伝播する $TM_{01}$ モードは、その電界成分が該各導波管55, 60の軸線(回転中心)に対して対称となっているので、これらが軸線O-Oを中心として相対回転したとしても、各導波管55, 60の間で $TM_{01}$ モードを安定的に伝送することができる。

[0098] 従って、各導波管変換装置53, 58の方形導波管54, 59は互いに相対回転しつつ、両者間で高周波信号を円滑に伝送することができ、信号の伝送損失が少なく、汎用性の高い導波管ロータリージョイント51を実現することができる。

[0099] 次に、図17は本発明による第7の実施の形態を示し、本実施の形態の特徴は、ロータリー型のアンテナ装置に適用したことにある。なお、本実施の形態では、前記第6の実施の形態と同一の構成要素に同一の符号を付し、その説明を省略するものとする。

[0100] 71はロータリー型のアンテナ装置で、該アンテナ装置71は、第6の実施の形態とほぼ同様に、ジョイント部品52', 57、導波管変換装置53, 58等により構成されている。そして、ジョイント部品52' には、方形導波管54'、円形導波管55、不要波抑制溝56等からなる導波管変換装置53が設けられている。しかし、方形導波管54' には、円形導波管55と反対側に位置する端部に後述の放射器72が接続されている。

[0101] 72はジョイント部品52' に設けられた無線通信用の放射器で、該放射器72は、方形導波管54' の端部から外部の空間に向けて略円錐状または角錐状に開口する開口部として形成されている。そして、放射器72は、方形導波管54' 内を伝わる電磁波(電波)を外部に送信したり、外部から方形導波管54' 内に電波を受信するものである。

[0102] かくして、このように構成される本実施の形態でも、前記第1, 第3, 第6の実施の形態とほぼ同様の作用効果を得ることができる。特に、本実施の形態では、導波管変換装置53, 58を用いてアンテナ装置71を構成したので、例えば一方のジョイント部品57を固定し、他方のジョイント部品52を回転させることにより、放射器72を他方の方

形導波管59に対して回転させることができ、この状態で一方の放射器72と他方の方形導波管59とを、円形導波管55、60、不要波抑制溝56、61等によって安定的に接続することができる。

[0103] 従って、例えば放射器72の指向性を回転方向に変化させつつ、他方の方形導波管59によって無線の送信、受信を円滑に行うことができ、信号の伝送損失が少なく、汎用性の高い回転型のアンテナ装置71を実現することができる。

[0104] なお、前記第1の実施の形態では、不要波抑制溝5を方形導波管2の管壁2B、2C、2Dと円形導波管4の管壁4Aとに沿って配置する構成とした。しかし、本発明はこれに限らず、例えば図18に示す第1の変形例のように構成してもよい。この場合、不要波抑制溝5'は、第1の実施の形態の縦溝7の一部のみを用いて形成され、方形導波管2の左、右の管壁2C、2Dに沿って延びている。

[0105] また、本発明は、例えば図19に示す第2の変形例のように、モード変換部として円形導波管4の軸線を延長した方形導波管2の下側部位に設けられた横溝6のみを用いて不要波抑制溝5''を構成してもよい。この場合、不要波抑制溝5''は、第1の実施の形態の横溝6のみを用いて形成され、方形導波管2の下側の管壁2Bに沿って延びている。

[0106] また、第3の実施の形態では、導波管部品23の長溝24と縦溝29に凹湾曲面部24D、29Aを設ける構成とした。しかし、本発明では、導波管部品の生産性等を高めるために、例えば図20に示す第3の変形例のように構成してもよい。この場合、導波管部品81の衝合面に開口する縦溝82は、その開口側よりも底面82A側で溝幅が狭くなるように形成され、縦溝82の各側面82Bは、互いに角度 $\alpha$ だけ傾斜した状態で対向している。また、縦溝82の開口端には、例えば凸湾曲状または平面状の面取り部82Cが形成されている。これにより、例えば導波管部品81をプレス加工、鋳造等によって成形するときには、成形型からの抜け性を良くすることができる。

[0107] また、第5の実施の形態では、導波管変換装置41の位置合わせ部として円形導波管42に嵌合突起43を設ける構成とした。しかし、本発明の位置合わせ部としては、例えば導波管部品及び円形導波管と別部品の位置合わせピン等を用いてもよく、この位置合わせピンを、例えば導波管部品と円形導波管とにそれぞれ挿嵌することに

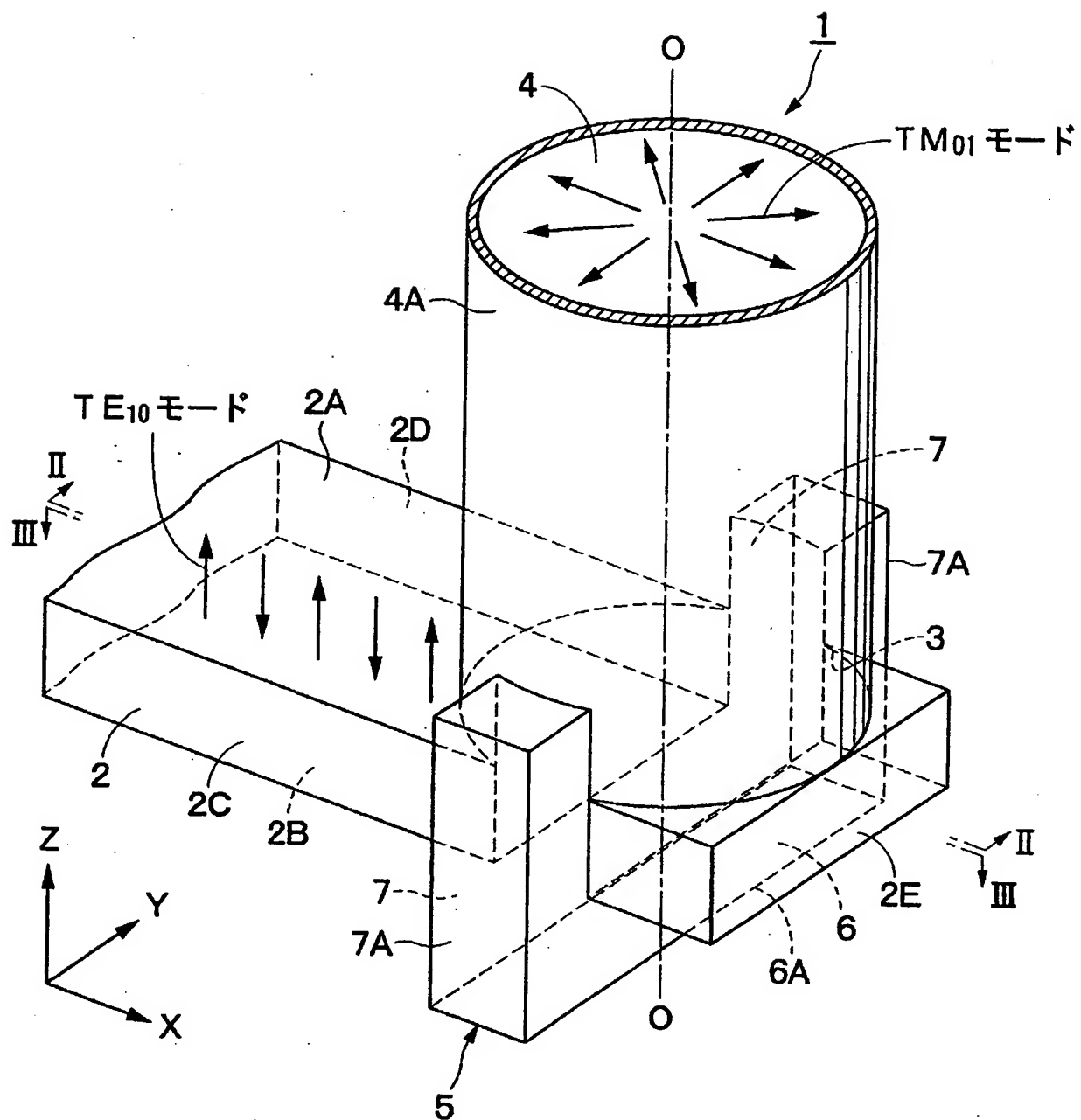
よって両者を位置合わせする構成としてもよい。

[0108] さらに、第6、第7の実施の形態では、第3の実施の形態とほぼ同様の導波管変換装置53、58を用いる構成とした。しかし、本発明はこれに限らず、例えば第1、第2、第4、第5の実施の形態による導波管変換装置1、11、31、41を用いて導波管ロータリージョイント、アンテナ装置等を構成してもよいのは勿論である。

## 請求の範囲

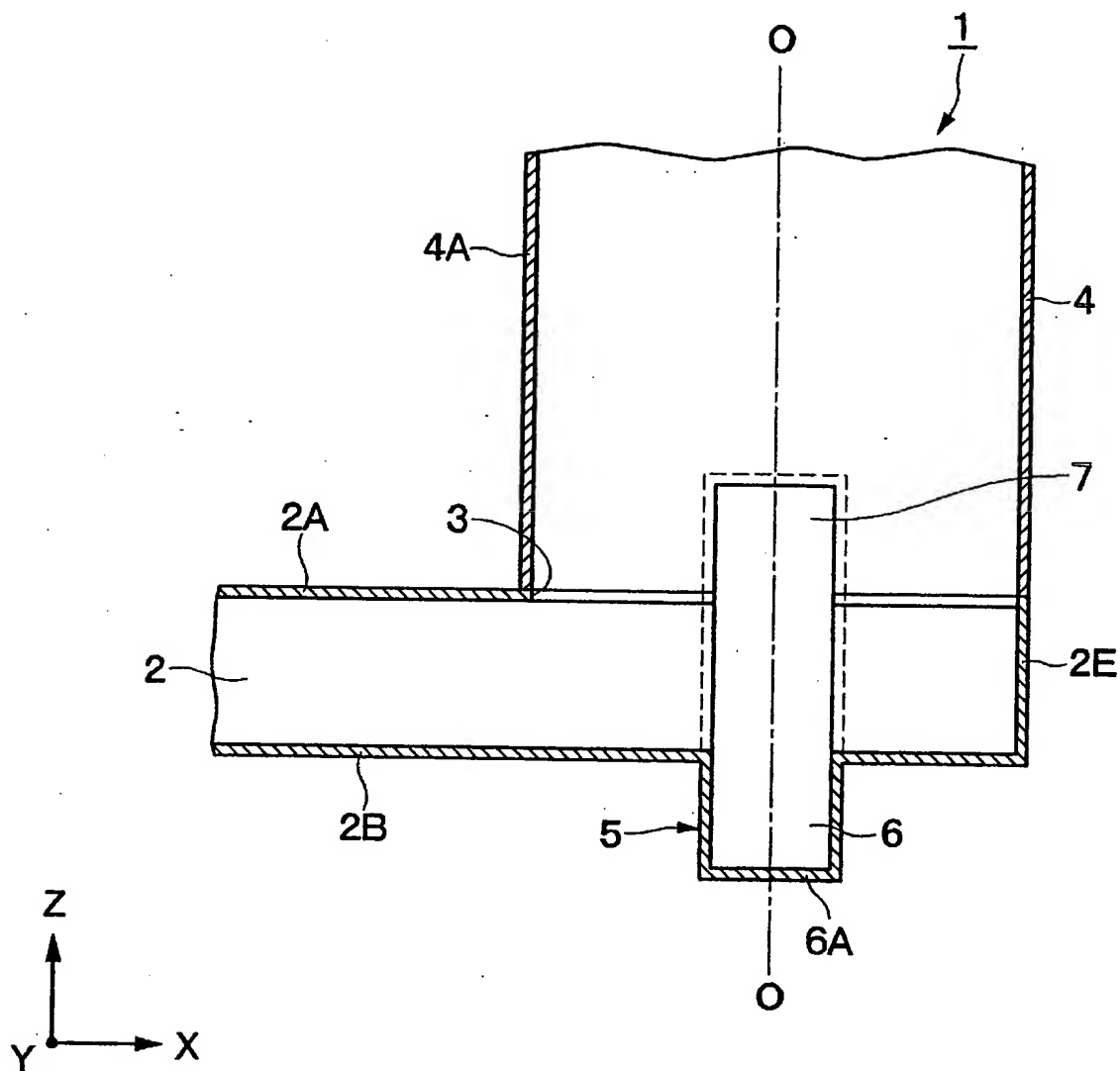
- [1] 四角形の横断面形状をもって一定の長さ方向に延び $TE_{10}$ モードの高周波信号を伝送する方形導波管と、円形の横断面形状をもって形成され該方形導波管のH面に垂直に接続されると共に $TM_{01}$ モードの高周波信号を伝送する円形導波管とを備えてなる導波管変換装置において、
- 前記方形導波管と円形導波管とのモード変換部には、該各導波管の間で高周波信号を伝送するときに前記円形導波管に不要な伝送モードが励起されるのを抑制する不要波抑制溝を設ける構成としたことを特徴とする導波管変換装置。
- [2] 前記不要波抑制溝は、前記方形導波管と円形導波管のうち少なくとも一方または両方に配設し、前記不要な伝送モードとなる前記円形導波管の $TE_{11}$ モードの電界成分と直交する方向に前記高周波信号の1波長の $1/2$ 以上の長さをもって延びる構成としてなる請求項1に記載の導波管変換装置。
- [3] 前記不要波抑制溝は前記円形導波管の軸線に対応する位置で前記方形導波管に形成してなる請求項1または2に記載の導波管変換装置。
- [4] 前記不要波抑制溝は前記円形導波管に形成してなる請求項1または2に記載の導波管変換装置。
- [5] 前記方形導波管と円形導波管との間には、該各導波管を接続するときに前記不要波抑制溝の一部に挿嵌され前記方形導波管と円形導波管とを位置合わせする位置合わせ部を設けてなる請求項1, 2, 3または4に記載の導波管変換装置。
- [6] 請求項1ないし5のいずれかに記載の導波管変換装置を2個備え、該各導波管変換装置の円形導波管を同軸上に配置して回転可能に接続する構成とした導波管ロータリージョイント。
- [7] 請求項1ないし5のいずれかに記載の導波管変換装置を2個備え、該各導波管変換装置の円形導波管を同軸上に配置して回転可能に接続すると共にいずれか一方の導波管変換装置に無線通信用の放射器を設ける構成としたアンテナ装置。

[図1]

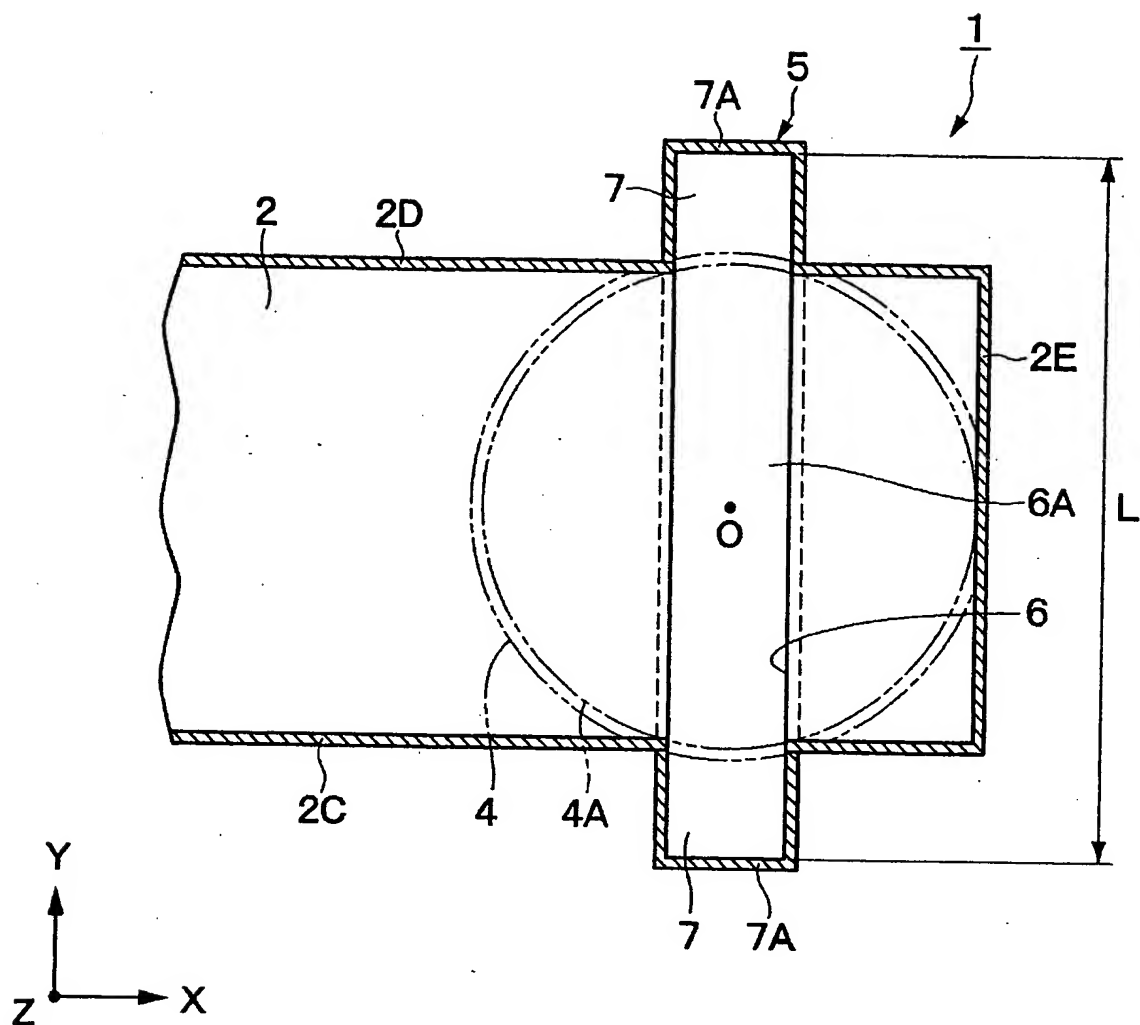




[図2]

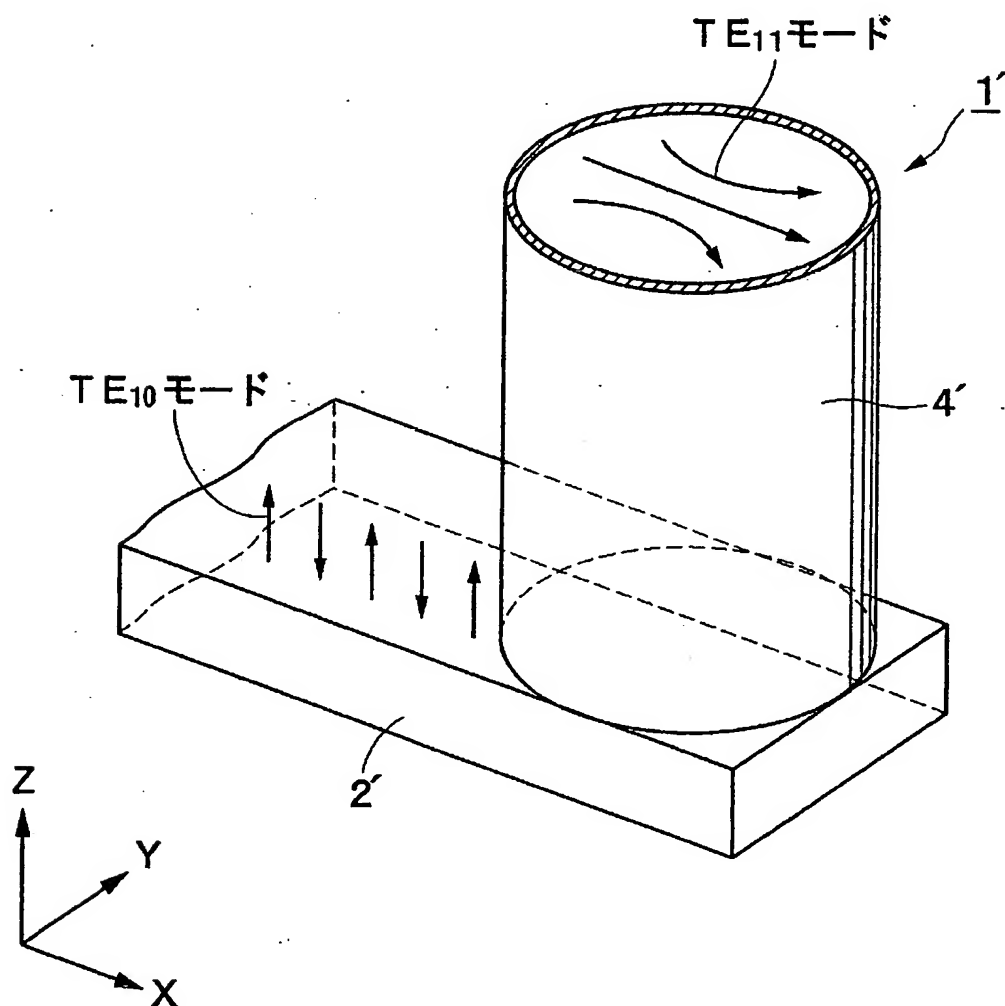


[図3]

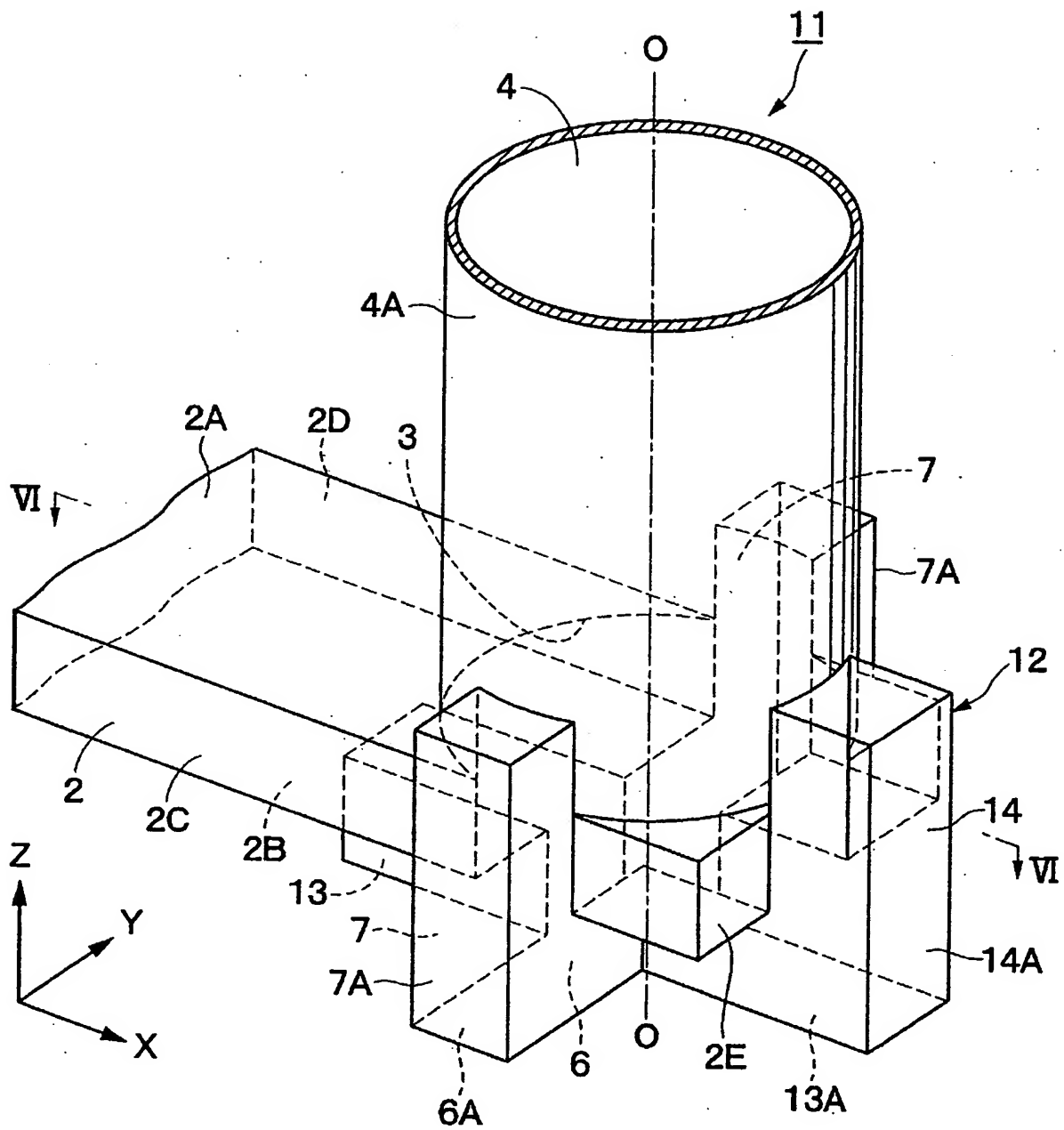


[図4]

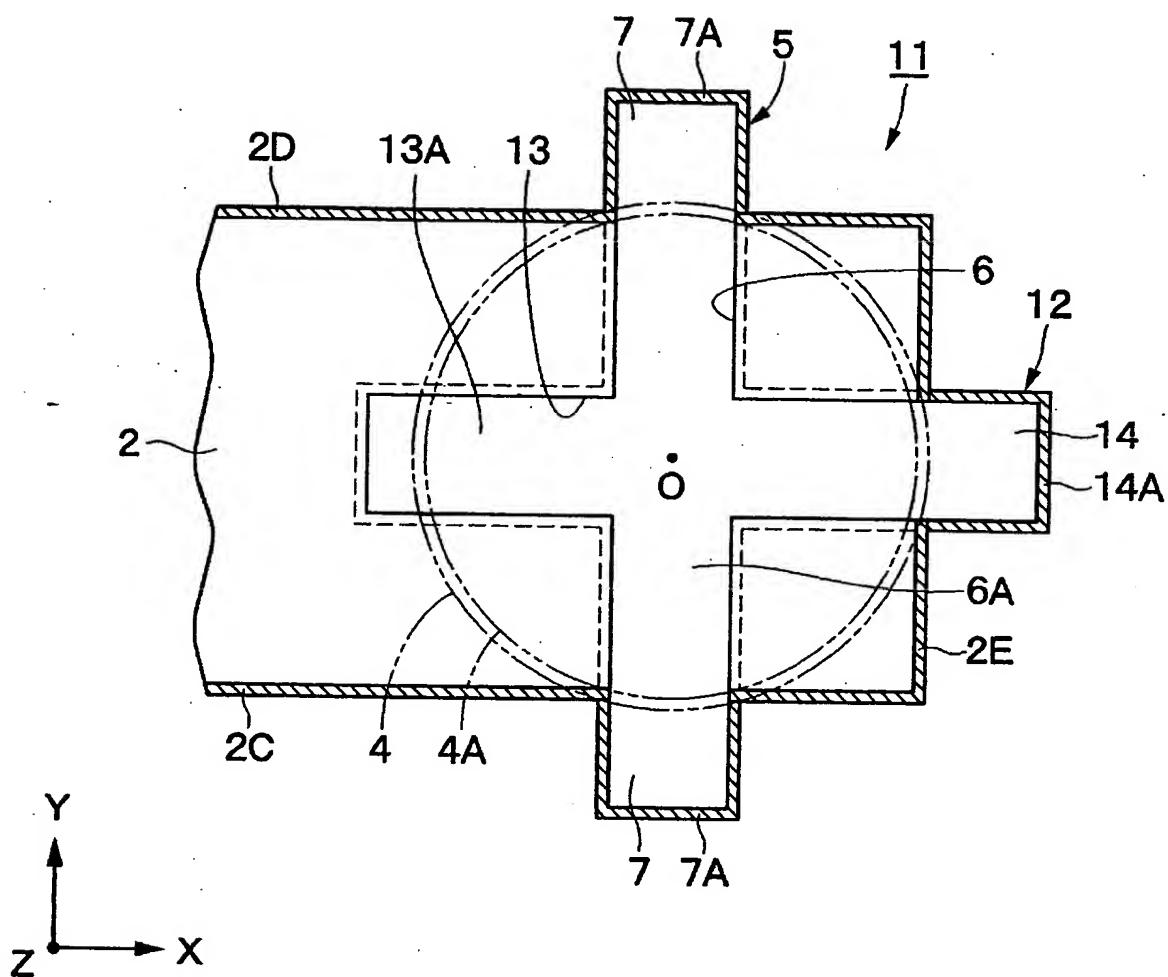
不要波抑制溝が存在しない場合を示す比較例



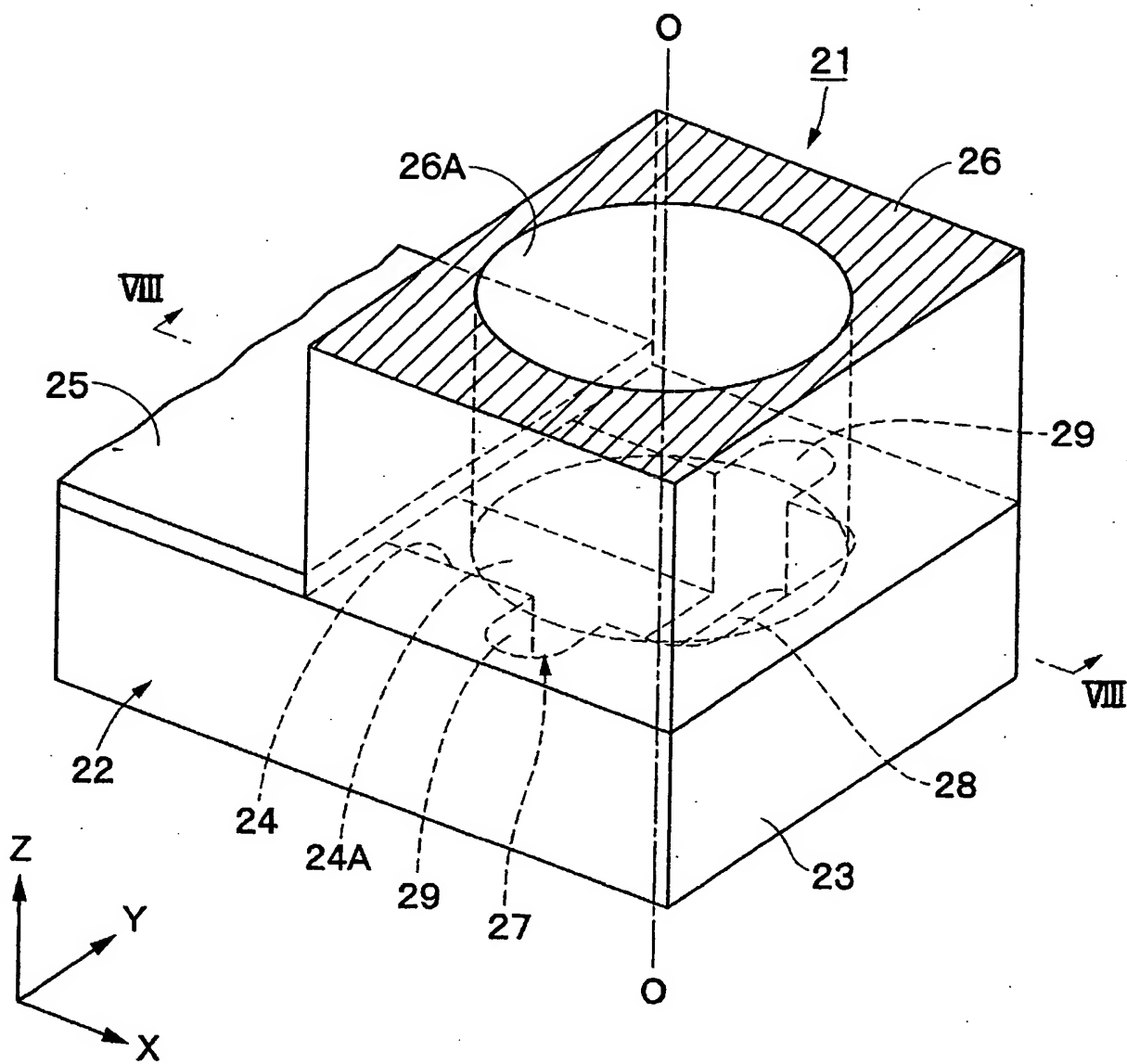
[図5]



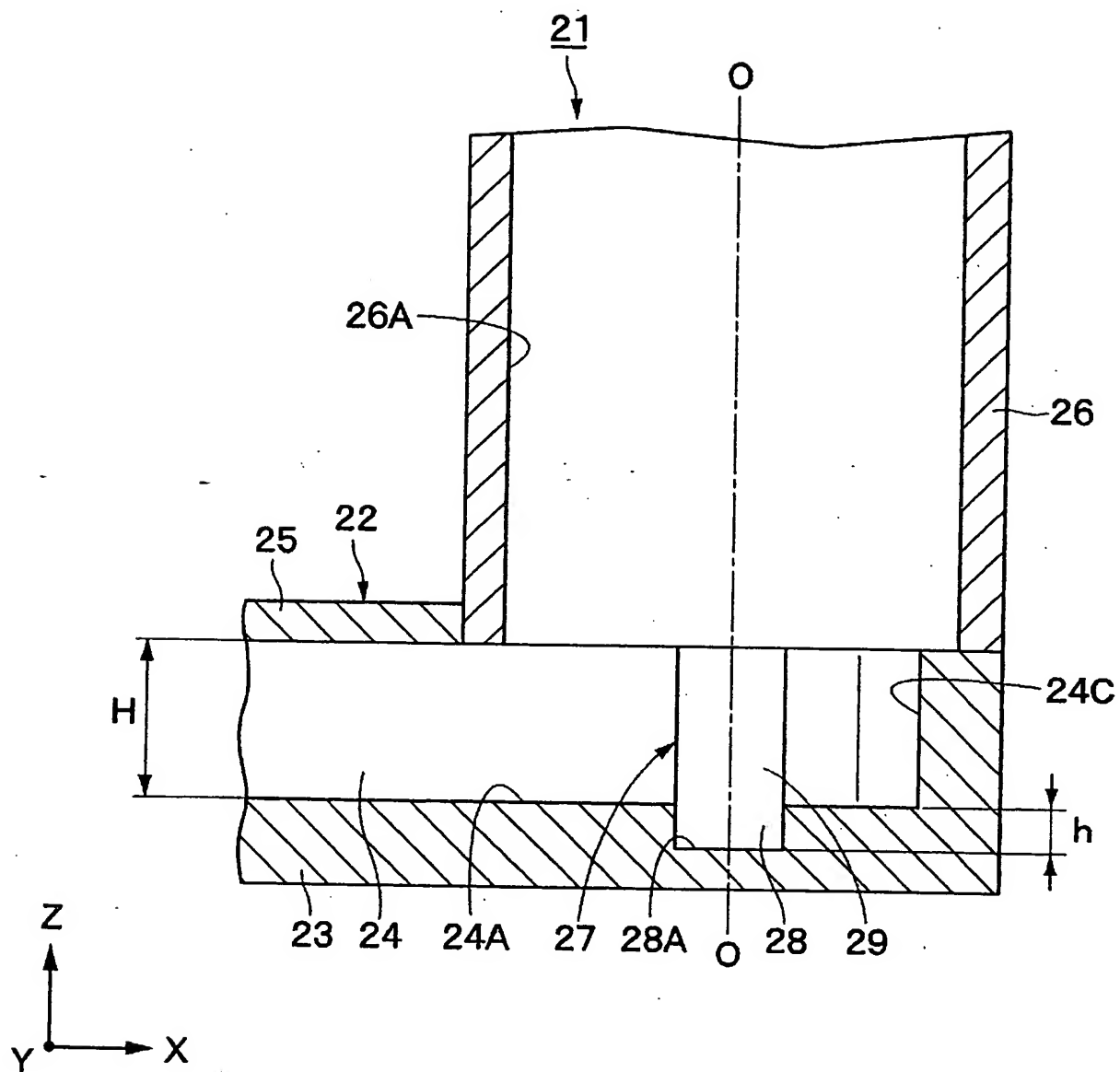
[図6]



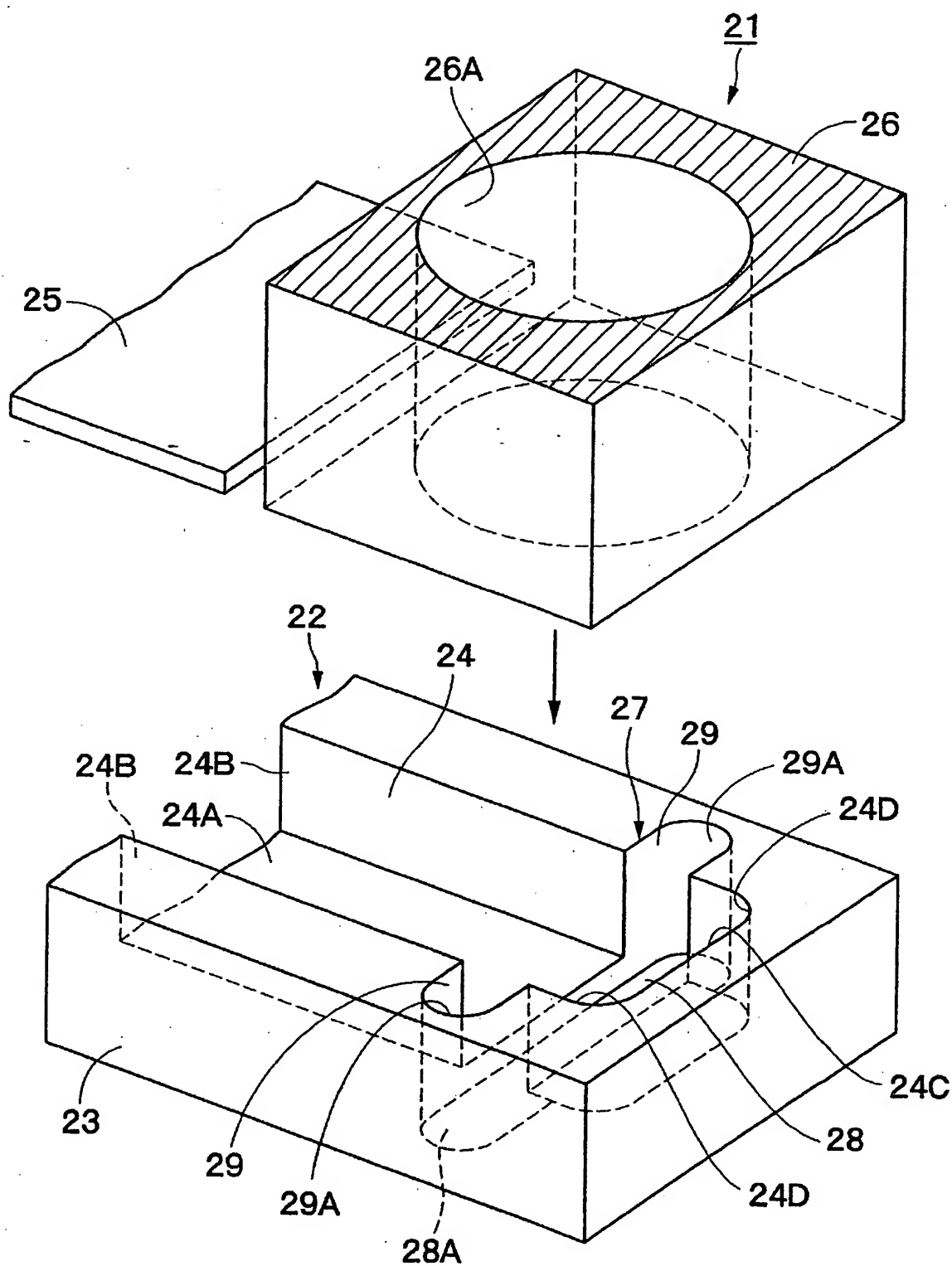
[図7]



[圖8]



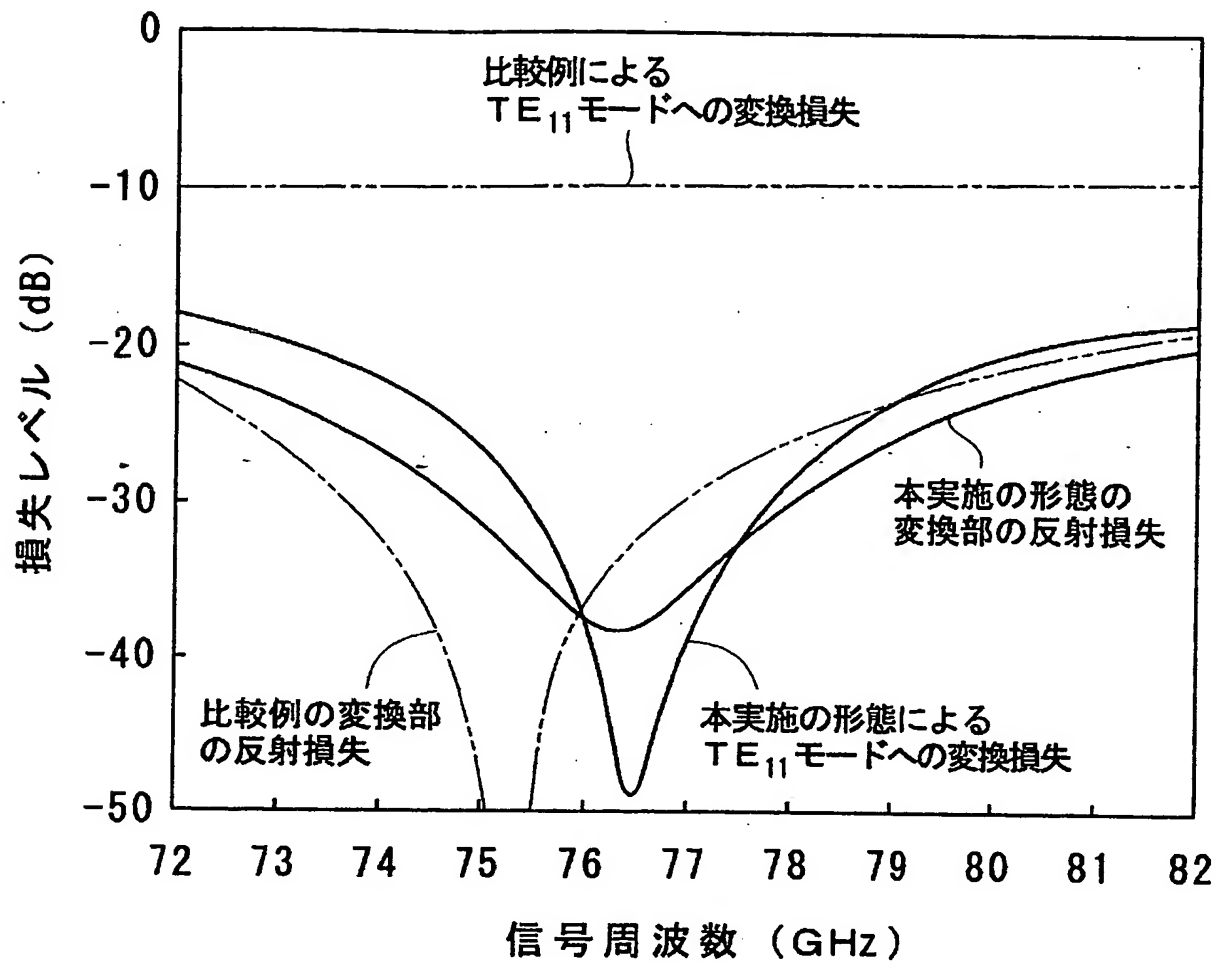
[図9]



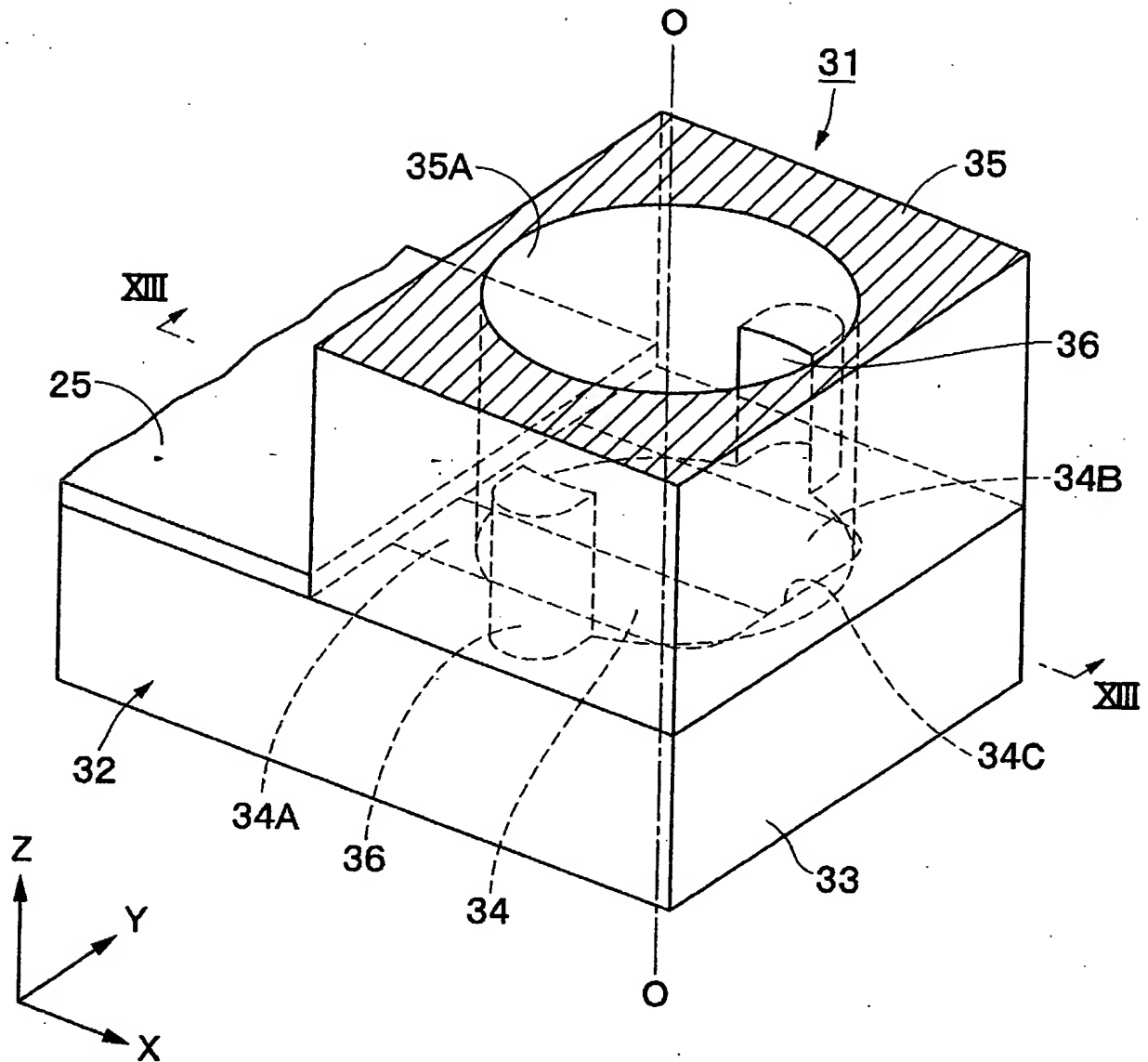




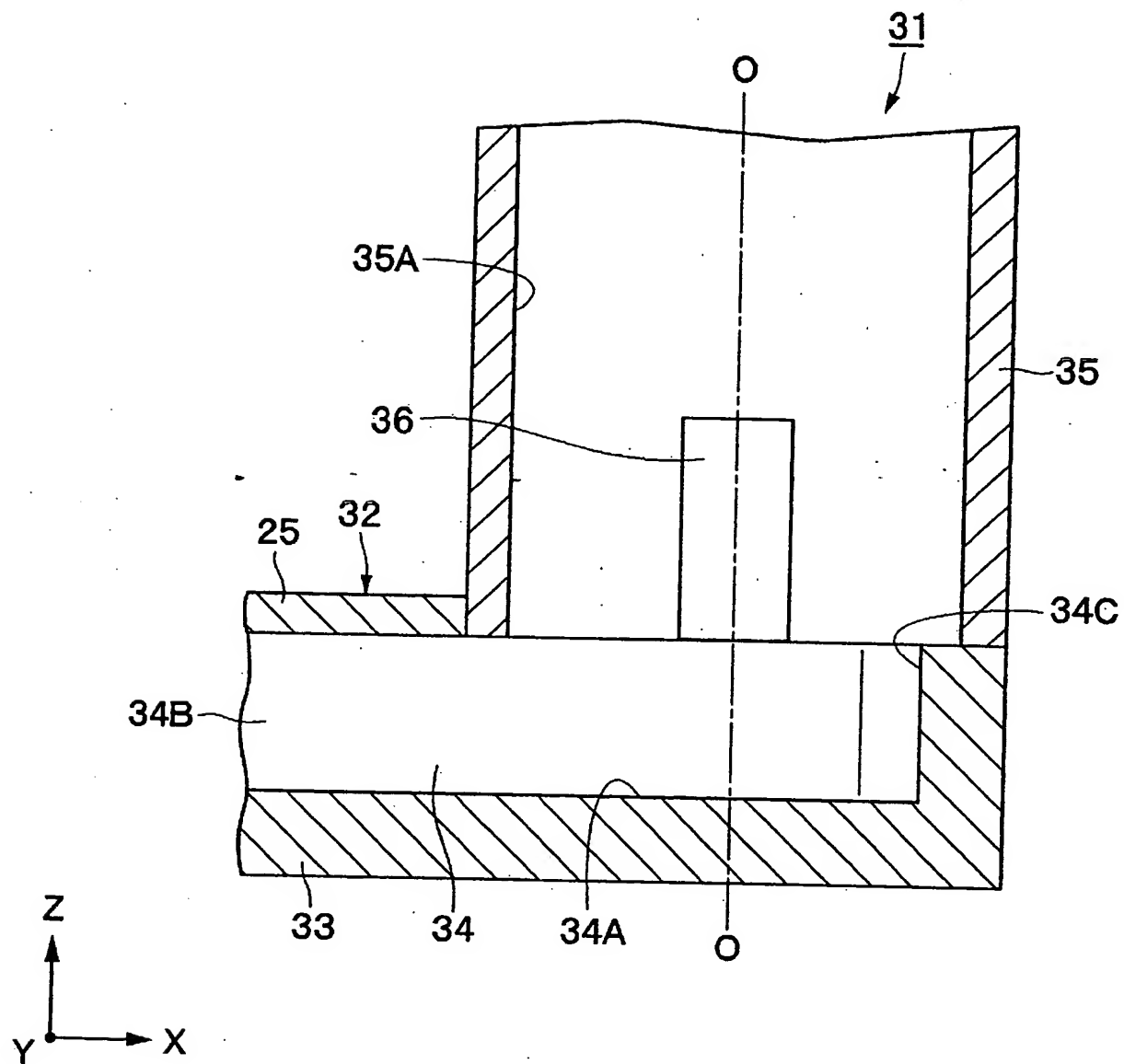
[図11]



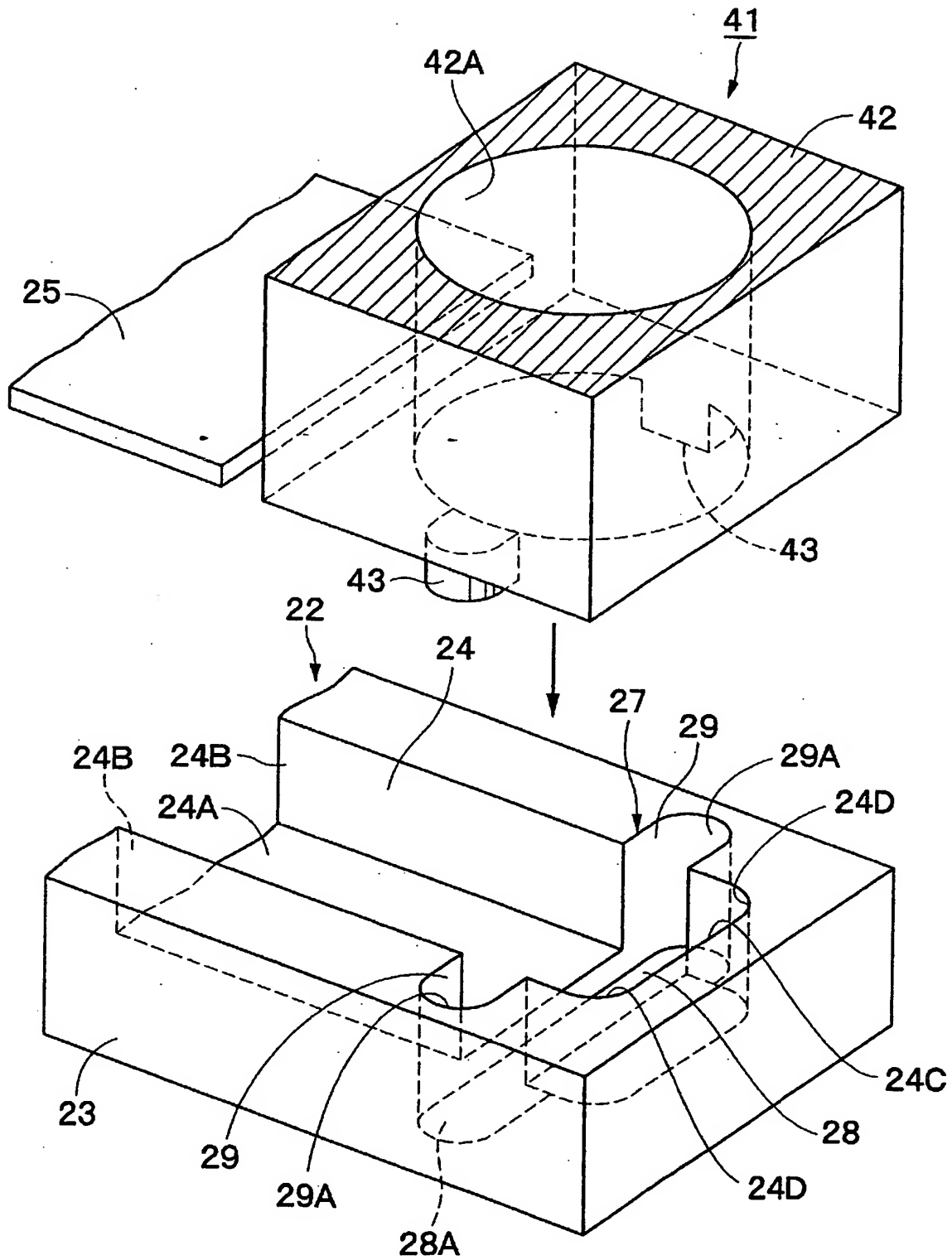
[図12]



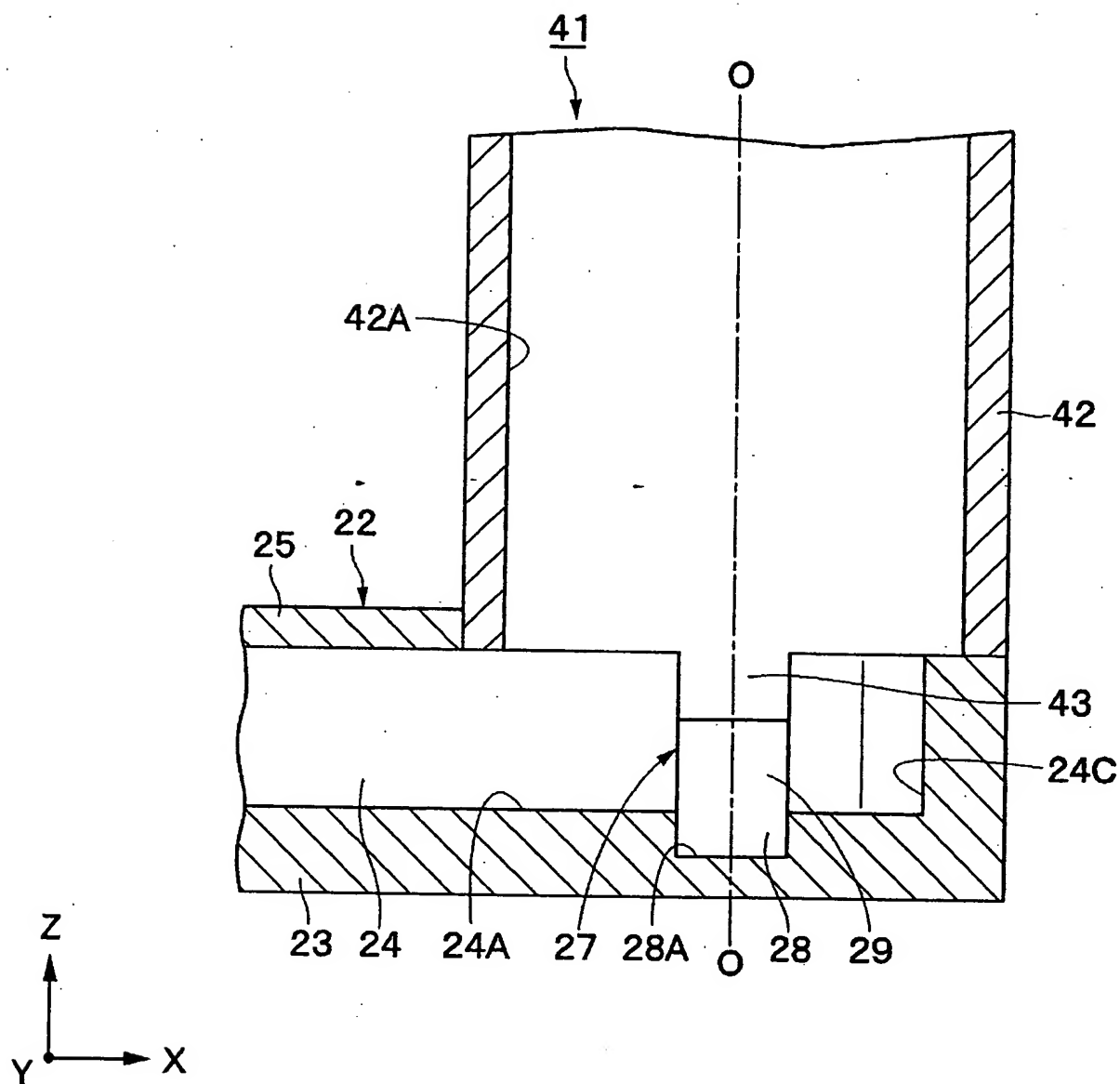
[図13]



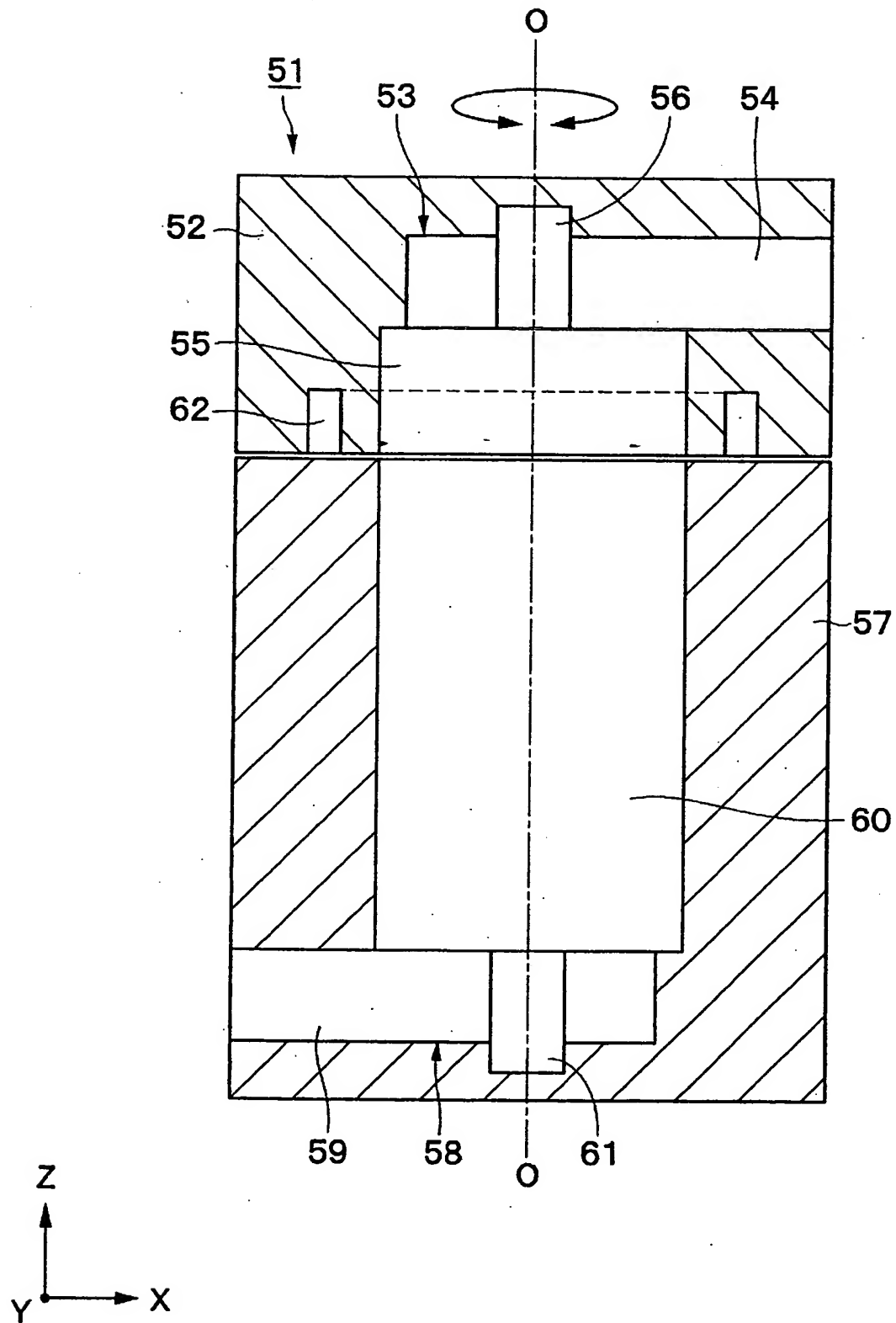
[図14]



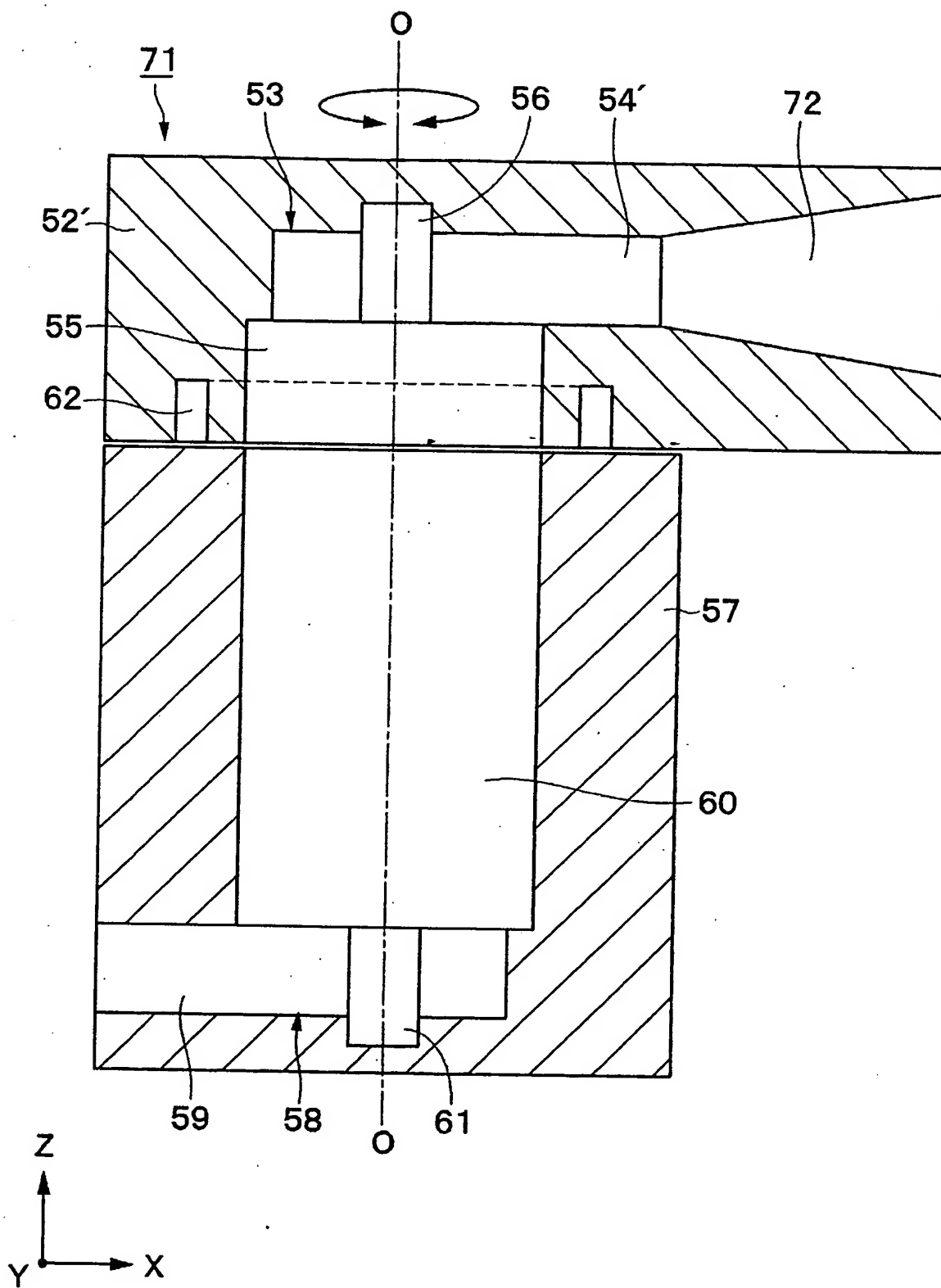
[図15]



[図16]

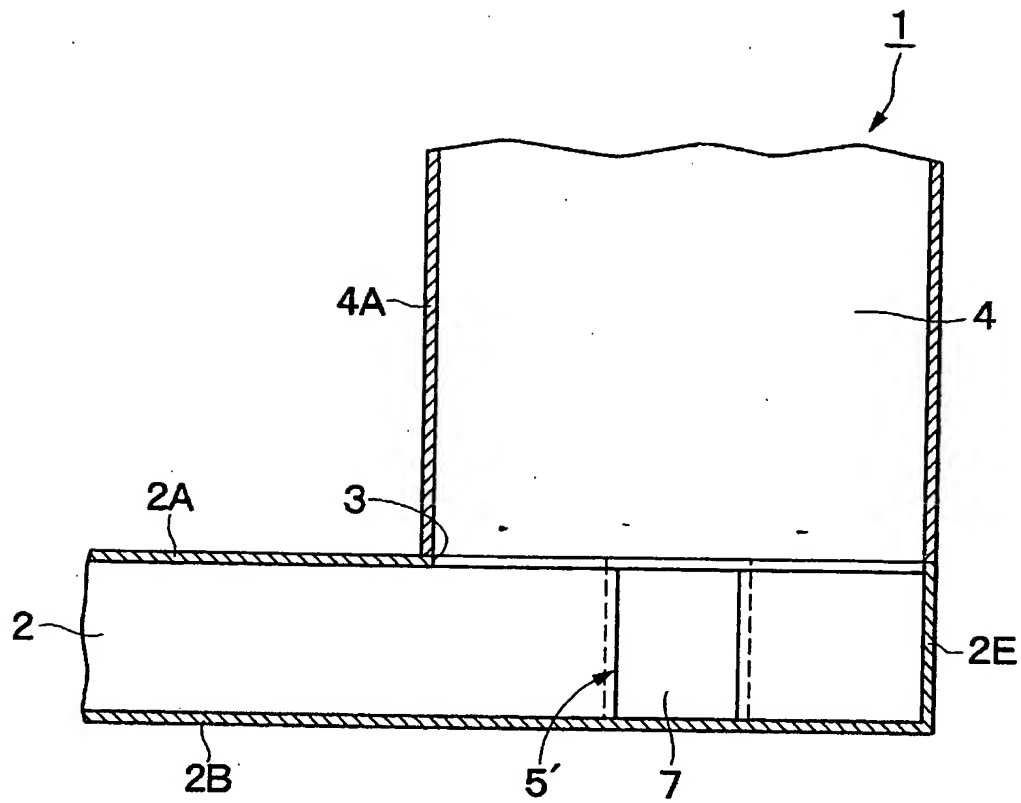


[図17]

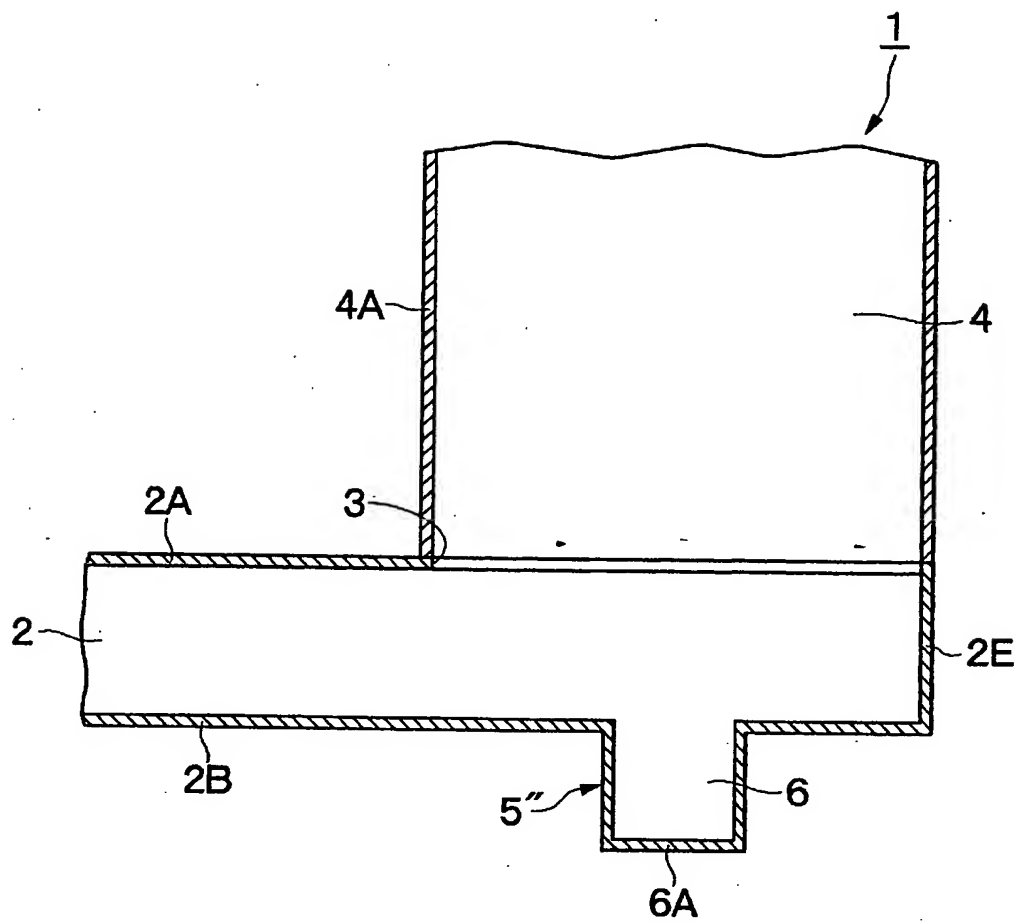




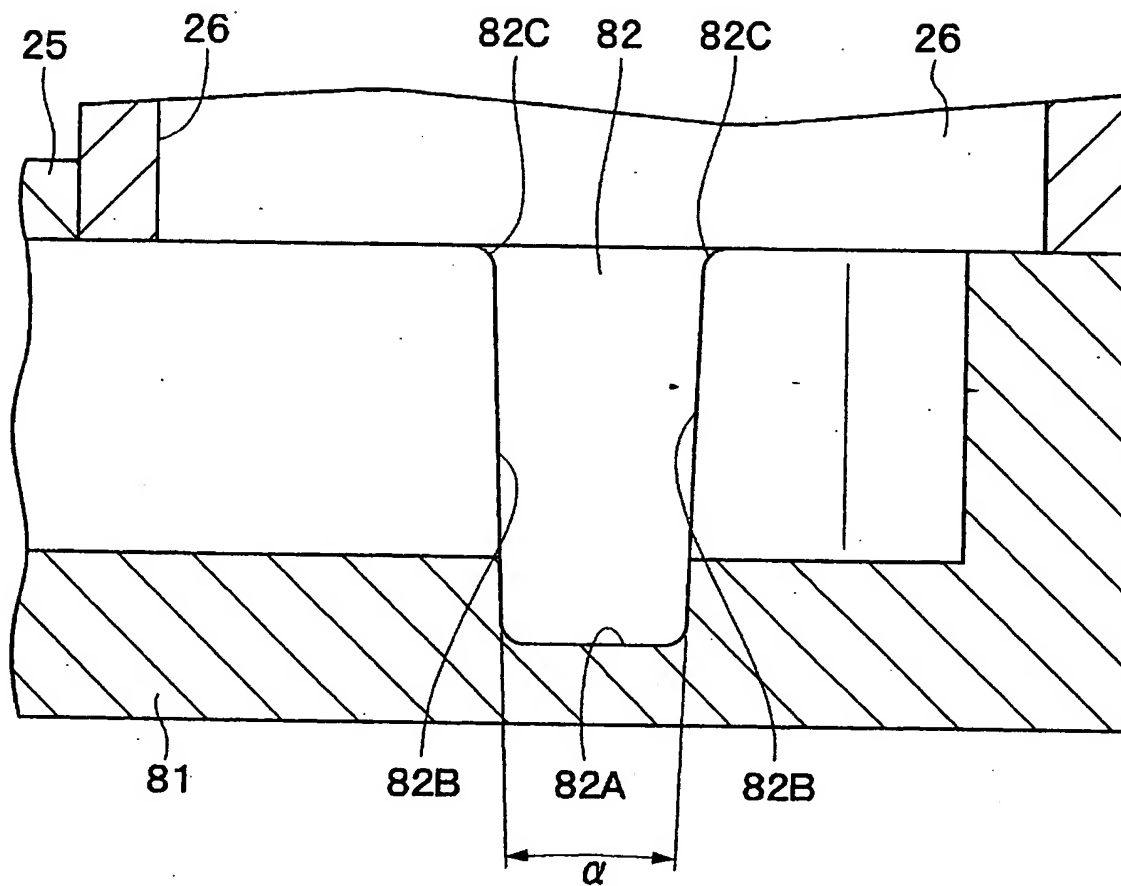
[図18]



[図19]



[図20]



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**